



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

RISCOS ASSOCIADOS À INSTABILIDADE DE TALUDES

Proposta de Metodologia de Abordagem a Partir da Análise Comparada de Diversos PDMs

Jimmy Fonseca

Orientador: Professor Doutor Alexandre Júlio Machado Leite (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Coorientador: Professor Doutor Miguel Tato Diogo (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Arguente: Professor Doutor João Paulo Meixedo dos Santos (Instituto Superior de Engenharia do Porto)
Presidente do Júri: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2014



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Durante toda a execução deste trabalho, foram várias as pessoas a quem hoje devo a minha gratidão por tudo o que fizeram. Estas são as minhas palavras para elas.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador e co-orientador, o Professor Alexandre Leite e o Professor Tato Diogo, pelo seu papel definitivo para este trabalho. Obrigado pela vossa paciência e compreensão para com as minhas limitações e preocupações, as vossas sugestões e conselhos, e também pelas críticas. Sobretudo, obrigado pela vossa orientação, procurando sempre encaminhar-me numa direção quando me encontrava perdido, mas concedendo-me sempre a liberdade para perseguir as minhas próprias ideias pelo meu próprio pé. Sem esta, não teria findado este trabalho da maneira que findei, nem seria quem sou hoje, para o bem e para o mal.

Agradeço também ao Dr. Narciso Ferreira, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), pela conversa que tivemos, assim como o material que me cedeu e principalmente as suas opiniões e sugestões, que me permitiram expandir uma parte deste trabalho no sentido que penso ser positivo. Arrependo-me apenas desta ter decorrido numa fase tão tardia.

Como não poderia deixar de ser, a minha gratidão também é em grande parte dirigida à minha família. A todos os meus familiares e parentes agradeço a consideração e palavras de encorajamento que me foram dedicadas. Aos meus pais e avós, principalmente, agradeço tudo o que fizeram por mim, particularmente durante este último ano um tanto complicada da minha vida. Obrigado por me apoiarem e acreditarem em mim incondicionalmente, e por estarem sempre dispostos a ajudar-me em qualquer momento, independentemente do problema. Aos meus amigos dedico o mais simples dos obrigados, por todos os bons momentos que partilhámos juntos e pelas histórias que hoje podemos contar. Fosse em que momento fosse, até a coisa mais simples como um telefonema, um café ou uma gargalhada, nunca deixei de acreditar que os amigos são a família que escolhemos.

Finalmente, resta-me agradecer à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a todos os seus Professores, a todos os seus Alunos, a todos os seus Funcionários. Obrigado por tudo o que fizeram, tenha sido muito ou pouco, direto ou indireto, intencional ou não. Durante o tempo que aqui passei, posso afirmar com toda a certeza que este lugar foi mesmo uma Casa. Obviamente que dentro deste agradecimento final se encontra incluído o Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, e todos os seus colaboradores.

RESUMO

A existência de riscos naturais, definidos como o risco associado à ocorrência de um dado processo físico externo ao ser Humano, é um factor de preocupação sempre presente para a Protecção Civil. Um destes riscos, é o associado aos fenómenos naturais de movimentos de vertentes ou movimentos de massa, cuja ocorrência é potenciada por um conjunto alargado de variáveis relacionadas de forma complexa. Devido a este facto, que denota uma dificuldade de previsão considerável, assim como a multitude de tipologias deste tipo de ocorrências, a possibilidade destes ocorrerem em múltiplos tipos de localizações, o facto de serem facilmente influenciados e agravados por atividades antrópicas, e as severas consequências em termos de dano humano, material, económico e ambiental, este tipo de fenómenos surge como um risco merecedor de atenção específica, de forma a prevenir e mitigar as suas consequências. Denota-se que uma das formas mais eficazes de minimizar este risco seria a partir da redução da componente de exposição do risco, o que em termos práticos implica a ocupação do território evitando zonas mais susceptíveis e vulneráveis a estas ocorrências. É nesta perspectiva que surge a importância dos Planos Directores Municipais como instrumentos legislativos de carácter organizacional que podem ter uma relevância elevada para a promoção da segurança pública no que toca a este aspecto.

Tendo em conta que um PDM varia de acordo com o respetivo município, procurou-se no presente trabalho analisar individualmente e de forma comparativa um conjunto de PDMs quanto ao risco de movimentos de vertente, de forma a verificar se este se encontra previsto e devidamente abordado, e identificar eventuais lacunas neste aspecto, possíveis razões para estas e propor um conjunto de possíveis implementações que promovessem a melhoria do documento.

Para tal foram seleccionados 8 municípios: Arcos de Valdevez; Gondomar; Lisboa; Maia; Matosinhos; Porto; Póvoa de Lanhoso e Valongo. A análise destes revelou uma disparidade considerável na abordagem da temática que é o risco de movimentos de vertente em cada um destes, sendo que os municípios de Lisboa, Porto e Arcos de Valdevez se revelaram os mais completos e adequados, e os de Gondomar e Matosinhos o contrário. Algumas possíveis explicações para tal fenómeno foram a antiguidade do documento e do próprio “corpo” da autarquia; a existência ou não de um histórico prévio de ocorrências deste tipo e o seu grau de gravidade; a própria topografia e aparente susceptibilidade do território municipal para estas ocorrências; a densidade populacional e as áreas de ocupação; factores económicos; entre outros.

Face aos resultados constatados e as principais falhas identificadas, foram desenvolvidas algumas medidas de melhoria. A primeira e principal surge como uma metodologia integrada para a elaboração de cartografia de risco de movimentos de vertentes, a partir do levantamento das principais propriedades do território que condicionam a sua ocorrência e da elaboração de um histórico de ocorrências deste fenómeno baseado em pesquisa bibliográfica e análises de campo. A cartografia resultante desta metodologia seria então passível de ser aplicada na elaboração das Plantas de Condicionantes e de Ordenamento do PDM. Uma outra medida seria a da criação de uma base de dados nacional a partir da metodologia sugerida para o histórico de ocorrências de movimentos de massa, que seria não só um auxiliar à elaboração de PDMs, como também ao próprio estudo das ocorrências de movimentos de vertentes em Portugal. Neste trabalho é também sugerido um conjunto de variáveis consideradas essenciais de serem consideradas e devidamente legisladas no Regulamento de um PDM no que toca ao risco em estudo.

Em suma, concluiu-se que o potencial que um PDM possui como ferramenta organizacional preventiva para os riscos de movimentos de vertentes em muitos casos encontra-se ainda subestimado ou até desprezado, e espera-se que este trabalho sirva como um primeiro passo na direcção para a sensibilização e desenvolvimento destes documentos, promovendo a segurança populacional e a Protecção Civil.

Palavras-chave: Plano Diretor Municipal, Protecção Civil.

ABSTRACT

The existence of phenomena known as natural hazards has always been an ever-present concern and risk to public safety and Civil Protection. One particular type of natural hazard, namely landslides or mass movements, is characterized by being triggered by a complex system of interacting variables. Due to this fact, which demonstrates that in some cases landslides are difficult to predict, as well as the several possible types of occurrences, their widespread character and the potential do be easily influenced and aggravated by anthropic factors, this phenomenon easily causes severe consequences, resulting in deaths, injuries, property damage and economic and environmental negative impacts. Therefore, landslide risk requires specific attention, in order to prevent and mitigate their consequences. One of the most effective ways to do so is through avoiding and downright eliminating actions that result in the exposure of people to this risk. In practical terms, this would imply territory planning and occupation considering the avoidance of more vulnerable zones to these occurrences. This is where Municipal Directing Plans gain importance in this subject, acting as organizational and territory planning legislation which have a high influence on the promotion of public safety.

Considering the fact that MDPs vary according to the respective municipality, the aim of this work was to analyse a set number of MDPs alone and by comparison regarding their approach on landslide risk, in order to assess if this risk is adequately considered and controlled. Subsequently, eventual flaws and gaps were also identified and possible explanations for these were formulated. Finally, some proposals for improvement and development of MDPs regarding this risk were also suggested.

Eight municipalities were selected: Arcos de Valdevez; Gondomar; Lisbon; Maia; Matosinhos; Porto; Póvoa de Lanhoso and Valongo. The analysis revealed considerable differences in their approach to landslide risk. Lisbon, Porto and Arcos de Valdevez's MDPs were the ones considered more adequate and rich, contrary to Gondomar and Matosinho's MDPs. Some possible explanations for these results were the antiquity of the document and the city council; the existence of a history of previous occurrences and the severity of the consequences; the topography, terrain and apparent potential for this kind of occurrences; population density and soil use; resources and funds, etc.

From the obtained results some improvement measures were suggested. The first and main suggestion was the proposal of a methodology for the creation of landslide risk mapping. This would be based on the territory's main properties known to influence landslide occurrences, and the creation of a history of landslides of this phenomenon based on both bibliographical research and field analysis. The resulting risk maps would consequentially allow the production of a MDP's Constraints and Planning Plans. Another suggestion would be the creation of a national database for landslides in Portugal. This would not only work as a valuable tool for MDP development, but would also contribute to the actual academic study of these phenomena. This work also proposes a group of specific variables associated with landslide risk that are deemed essential to be included and adequately legislated in a given Regulation of any MDP. Other existing suggestions include the definition of stricter guidelines and control measures by the government considering this fact.

In conclusion, it was verified that Municipal Directing Plans have a great deal of potential as an organizational tool regarding landslide risk prevention and that in a considerable amount of cases it is still dismissed or underestimated. With this work one aims to better demonstrate and advise on the importance of this instrument and to provide a first step in its development regarding landslide risk management, which in turn will promote Civil Protection and overall public safety.

Keywords: Municipal Directing Plans; Civil Protection.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	I
Resumo.....	III
Abstract.....	V
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tabelas.....	XI
Glossário/Siglas/Abreviaturas.....	XIII
1 INTRODUÇÃO	3
2 ESTADO DA ARTE.....	5
2.1 Conceitos no Domínio da Segurança.....	5
2.2 Enquadramento Legal e Normativo.....	5
2.2.1 Legislação Específica.....	5
2.2.2 Instrumentos de Gestão do Território.....	7
2.2.3 Segurança Ocupacional.....	8
2.3 Taludes.....	10
2.3.1 Tipologias de Taludes	11
2.3.2 Instabilidade de Taludes.....	13
2.4 Metodologias de Análise de Instabilidade / Risco.....	26
2.4.1 Método Ordinário.....	27
2.4.2 Método de Bishop	27
2.4.3 Método de Janbu	28
2.4.4 Método de Spencer.....	28
2.4.5 Entraves à Análise de Instabilidade e Soluções	29
2.5 Metodologias e Tecnologias de Estabilização.....	29
2.5.1 Re-taludamento	29
2.5.2 Tratamento Superficial.....	30
2.5.3 Estruturas de Contenção.....	30
3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 Objetivos da Dissertação	39
3.2 Materiais e Métodos	39
3.2.1 Selecção dos Municípios.....	39
3.2.2 Caracterização dos Municípios Seleccionados	40
4 RESULTADOS.....	57
4.1 Análise dos PDM.....	57
4.1.1 Arcos de Valdevez	57
4.1.2 Gondomar.....	58
4.1.3 Lisboa.....	59

4.1.4	Maia	62
4.1.5	Matosinhos	62
4.1.6	Porto	64
4.1.7	Póvoa de Lanhoso	65
4.1.8	Valongo	68
5	DISCUSSÃO	71
5.1	Sistematização da Análise Efetuada	71
5.2	Propostas de Melhoria	74
5.2.1	Metodologia de Inventariação de Ocorrências	75
5.2.2	Cartas de condicionantes e ordenamento	76
5.2.3	Criação de uma Base de Dados	77
5.2.4	Inclusão e consideração de variáveis chave no regulamento	78
5.2.5	Linha condutora / homogeneização	79
5.2.6	Esquematização da Metodologia Proposta	81
6	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	83
6.1	Conclusões	83
6.2	Perspetivas Futuras	85
	BIBLIOGRAFIA	87
	Referências	87
	Legislação	89
	Regulamento de PDMs	90
	Normas	90
	ANEXOS	1
	Conversa com Dr. Narciso Ferreira	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes fundamentais de um talude.....	10
Figura 2 – Exemplo de um talude.....	10
Figura 3 – Grand Canyon, EUA - Talude Natural.....	11
Figura 4 – Mina - Talude Artificial.....	11
Figura 5 – Talude Rochoso.....	12
Figura 6 – Aterro Sanitário - Talude Terroso.....	12
Figura 7 – Planície.....	12
Figura 8 – Escarpa.....	12
Figura 9 – Esquema da crosta terrestre.....	12
Figura 10 – Esquema das forças que afetam um talude.....	13
Figura 11 – Diáclases em maciços graníticos.....	14
Figura 12 – Esquema do efeito da inclinação nas forças que afetam um talude.	15
Figura 13 – Talude em clima seco.	16
Figura 14 – Exemplo do efeito da vegetação em taludes.	17
Figura 15 – Esquema do efeito da vegetação em taludes.	17
Figura 16 – Invasão de vegetação em maciços graníticos.	17
Figura 17 – Acumulação de água num talude.	18
Figura 18 – Ocupação antrópica de alto risco no Morro Britador, Brasil.....	19
Figura 19 – Desflorestação em taludes acentuados.	19
Figura 20 – Deformação de árvore devido a movimentos de <i>creep</i>	22
Figura 21 - Exemplo de <i>solifluction</i>	22
Figura 22 – Esquematização das forças que atuam num talude.....	27
Figura 23 – Operações de corte num talude – esquema.....	30
Figura 24 – Talude após operações de corte.....	30
Figura 25 - Exemplo da aplicação de redes metálicas em taludes.....	31
Figura 26 – Exemplo de um muro de arrimo.....	31
Figura 27 – Gaviões.....	32
Figura 28 – Utilização de gaviões na proteção de taludes.....	32
Figura 29 – Crib-walls.....	32
Figura 30 – Muros de Betão.....	33
Figura 31 – Muros de betão com ancoragens.....	33
Figura 32 – Distribuição de forças em cortinas ancoradas.....	34
Figura 33 – Distribuição de forças em pregagens.....	34
Figura 34 – Calhas de drenagem superficial transversais e longitudinais.....	35
Figura 35 – Sistema de drenagem superficial dissipador de energia.....	35
Figura 36 – Esquematização de um sistema de drenagem sub-horizontal.....	36
Figura 37 – Sistemas de Drenagem (esquema).....	37
Figura 38 – Esquematização da metodologia aplicada.....	40
Figura 39 – Gráfico hipsométrico de Arcos de Valdevez (Escala 1:170000).....	42

Figura 40 – Gráfico hipsométrico de Gondomar (Escala 1:160000).....	43
Figura 41 – Gráfico hipsométrico de Lisboa (Escala 1:100000).....	45
Figura 42 – Gráfico hipsométrico da Maia (Escala 1:150000).....	47
Figura 43 – Gráfico hipsométrico de Matosinhos (Escala 1:80000).....	48
Figura 44 – Gráfico hipsométrico do Porto (Escala 1:80000).....	49
Figura 45 – Gráfico hipsométrico da Póvoa de Lanhoso (Escala 1:160000).....	51
Figura 46 – Gráfico hipsométrico de Valongo (Escala 1:100000).....	52
Figura 47 – Esquematização da Metodologia Proposta.....	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificações de Movimentos de Massa.....	20
Tabela 2 – Histórico recente de alguns movimentos de massa notáveis.....	23
Tabela 3 – Histórico recente de alguns movimentos de massa notáveis. (Continuação).....	24
Tabela 4 – Histórico de alguns movimentos de massa em Portugal.	25
Tabela 5 - Estatísticas de Arcos de Valdevez.	41
Tabela 6 - Estatísticas de Arcos de Valdevez (continuação).	41
Tabela 7 - Histórico de ocorrências em Arcos de Valdevez.	42
Tabela 8 - Estatísticas de Gondomar.....	43
Tabela 9 - Estatísticas de Gondomar (continuação).....	43
Tabela 10 - Histórico de ocorrências em Gondomar.....	44
Tabela 11 - Estatísticas de Lisboa.	44
Tabela 12 - Estatísticas de Lisboa (continuação).	45
Tabela 13 – Histórico de Ocorrências em Lisboa.	45
Tabela 14 - Estatísticas da Maia.....	46
Tabela 15 - Estatísticas da Maia (continuação).....	46
Tabela 16 - Estatísticas de Matosinhos.	48
Tabela 17 - Estatísticas de Matosinhos (continuação).	48
Tabela 18 - Estatísticas do Porto.	49
Tabela 19 - Estatísticas do Porto (continuação).	49
Tabela 20 - Histórico de ocorrências do Porto.....	50
Tabela 21 - Estatísticas da Póvoa de Lanhoso.	51
Tabela 22 – Estatísticas da Póvoa de Lanhoso (continuação).....	51
Tabela 23 - Estatísticas de Valongo.	52
Tabela 24 - Estatísticas de Valongo (continuação).	52
Tabela 25 - Sistematização das principais variáveis de cada município.....	53
Tabela 26 - Análise das variáveis consideradas relevantes para o risco.	71

GLOSSÁRIO/SIGLAS/ABREVIATURAS

Abreviaturas

CM	Câmara Municipal
DRARN	Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais
GPS	Global Positioning System
IGeoE	Instituto Geográfico do Exército
IGT	Instrumentos de Gestão Territorial (ou do Território)
INE	Instituto Nacional de Estatística
ISOCARP	International Society of City and Regional Planners
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
PDM	Plano Director Municipal
PIOT	Plano Intermunicipal de Ordenamento do Território
PME	Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil
PMOT	Plano Municipal do Ordenamento do Território
PNPOT	Plano Nacional das Políticas de Ordenamento do Território
PP	Plano de Pormenor
PROT	Plano Regional de Ordenamento do Território
PU	Plano de Urbanização
RAN	Reserva Agrícola Nacional
REN	Reserva Ecológica Nacional
RJIGT	Regulamento Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial
SIG	Sistema de Informação Geográfica

Símbolos

μ	Ângulo de Inclinação da Carga Externa
b	Largura da Fatia
F_s	Fator de Segurança
h	Altura Média da Fatia
h_c	Altura ao Centro da Fatia
H_L	Altura de Z_L
H_R	Altura de Z_R
K_h	Coefficiente Sísmico Horizontal

N'	Força Normal Efetiva
Q	Sobrecarga Externa
S_m	Tensão de Corte Mobilizada
U	Pressão de Água nos Poros
W	Peso da Fatia
W_w	Tensão Superficial da Água
Z_L	Força Inter-Fatias Esquerda
Z_R	Força Inter-Fatias Direita
α	Inclinação da Base da Fatia
β	Inclinação do Topo da Fatia
δ_L	Ângulo de Inclinação de Z_L
δ_R	Ângulo de Inclinação de Z_R

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, o ser humano tem demonstrado uma sede pelo conhecimento e desenvolvimento imensurável incomparável a qualquer outro ser vivo do planeta Terra. Esta evolução, em todos os campos, sejam eles tecnológico, social ou económico levou a um aumento da qualidade de vida da sociedade humana no geral, que se traduziu numa melhoria significativa das condições de saúde, segurança e bem-estar. Consequentemente, a população humana tal como hoje é reconhecida tem vindo a sofrer um crescimento demográfico exponencial, que por sua vez implica uma crescente pressão exercida sobre o planeta, no sentido da exploração de recursos para a satisfação das suas necessidades e manutenção da qualidade de vida estabelecida (Robinson and Spieker 1978, Chaminé, Afonso et al. 2010, Keller 2012).

Um destes recursos, embora não tão evidente como minérios, combustíveis ou recursos ditos “materiais”, é o uso do solo. Concretamente, e para o propósito do presente trabalho, o âmbito focalizado será o uso do solo para diversos fins. Este pode ser utilizado para a instalação de infra-estruturas, sejam estas redes de transporte, de distribuição de energia ou outras. Uma outra vertente para que o solo é frequentemente utilizado é a execução de atividades económicas, sejam estas agricultura, exploração mineira, indústrias produtivas, ou outras. Finalmente, o acréscimo populacional que assola o mundo exige também uma outra necessidade básica – a da implantação, no terreno, de infraestruturas habitacionais (Keller 2012).

Por consequência destas necessidades que exigem satisfação, múltiplas vezes sucedem problemas relacionados com a ocupação antrópica incorreta de determinadas zonas potencialmente e efetivamente geologicamente instáveis, que em casos extremos podem levar à ocorrência de desastres naturais como movimentos de massa. Tais fenómenos resultam assim em consequências problemáticas, seja em termos de dano humano (mortes, feridos, etc), em termos de danos de propriedade ou custos económicos associados (Robinson and Spieker 1978, Press and Siever 2001, Teixeira and Figueiredo 2006).

Como tal, a importância em prevenir e minimizar este tipo de ocorrências é imperativa, já que a promoção da segurança pública e da qualidade de vida é um dos mais fundamentais objetivos do desenvolvimento da sociedade.

Este tipo de medidas e decisões podem partir de várias perspectivas e focarem-se em diferentes partes do complexo problema que é a instabilidade de taludes e os movimentos de massa.

Por um lado surge o domínio da prevenção. Este domínio caracteriza-se por um foco na minimização dos efeitos que determinados fatores intervenientes ou condicionantes podem ter no fenómeno, de forma a que este nunca chegue a suceder, e podem ser aplicados em qualquer fase do processo, quer seja no seu projeto, ou no seu fim de vida. Por outro lado surge o domínio da reacção, ou seja, o da minimização das consequências geradas pela concretização do risco existente.

Independentemente, tais medidas dividem-se em dois tipos, medidas técnicas e organizacionais. Em termos de medidas técnicas, enquadram-se aquelas que passam pela implementação de uma determinada tecnologia ou sistema que atue de forma a minimizar o risco, como é o caso dos sistemas de drenagem ou as técnicas de estabilização de taludes. Por outro lado, no caso das medidas organizacionais, estas distinguem-se por medidas que se relacionam com o próprio planeamento e logística que envolve a atividade. Um dos principais exemplos de medidas organizacionais de prevenção e minimização da ocorrência de movimentos de massa existe na legislação, onde se encontram expressos os planos de ordenamento do território, que definem, de acordo com a estabilidade dos solos e propensão ou não para desabarem, se estes podem ou não ser ocupados e em que condições (Robinson and Spieker 1978, Soares 2013). Adicionalmente, a legislação, no que toca à protecção civil, expressa ainda medidas organizativas de minimização

do dano no caso da ocorrência deste tipo de fenómenos, como é o caso dos planos de emergência e contingência existentes.

É necessário ter em conta, no entanto, que embora em termos nacionais a legislação tenha como objetivo ser perfeitamente explícita e adequada, existe a possibilidade da sua transposição e aplicação definitiva em termos mais “reais” ser mais difícil de executar do que esperado, tendo em conta a ótica do utilizador. Como tal, sendo pela dificuldade inerente, ou por outro motivo qualquer, podem ocorrer situações nas quais as directrizes legislativas e normas são menosprezadas ou não aplicadas da melhor forma possível, podendo até levar à ocorrência de acidentes relacionados com o movimento de vertentes. Na situação limite, ou seja, quando efectivamente ocorrem fenómenos de movimentos de massa, as suas consequências podem ser verdadeiramente desastrosas, como alguns registos históricos e científicos sugerem (Hasnawir, Omura et al. 2006, Baskar and Baskar 2009, Shaller, Shrestha et al. 2011, Tsou, Feng et al. 2011).

É deste ponto que deriva o presente foco do trabalho. Neste serão analisados e comparados alguns dos Planos Directores Municipais existentes para algumas regiões do país, no sentido de verificar se a questão da instabilidade das vertentes é devidamente prevista e gerida aquando do ordenamento do território feito por este, procurando simultâneamente providenciar soluções nos casos em que isto não suceda, e analisar alguns exemplos existentes de algumas das falhas apontadas.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Conceitos no Domínio da Segurança

Sendo o principal foco do presente trabalho a análise e de um determinado número de Planos Diretores Municipais de forma a verificar o grau de importância que é atribuído à questão dos movimentos de vertentes, é necessário antes de mais estabelecer as definições de alguns conceitos chave do domínio da segurança, que serão continuamente mencionados neste documento.

Em primeiro lugar, como não poderia deixar de ser, surge a definição do fenómeno de movimento de massa. Este distingue-se como um termo que compreende toda a tipologia de movimentos de massas em zonas de vertentes ou zonas inclinadas, desde deslizamentos de terras a derrocadas e fenómenos de *creeping* (Robinson and Spieker 1978, Varnes 1984, Cruden and Varnes 1996).

Subjacente a este, surge o conceito de risco, que explicita a possibilidade de ocorrências prejudiciais com a ocorrência deste fenómeno. Para o efeito do presente trabalho, conceito de risco será definido fundamentalmente de forma semelhante a (Varnes 1984), dividindo este em duas componentes: o perigo e a vulnerabilidade.

O perigo consiste na probabilidade de ocorrência do fenómeno num determinado espaço e período temporal. Por outro lado, a vulnerabilidade resume-se ao grau das consequências originadas pela ocorrência do fenómeno, sejam estas de ordem económica ou social (Varnes 1984). Desta forma, o conceito aqui referido como “risco” será nada mais que o produto duma probabilidade de ocorrência dum fenómeno associado ao potencial desastroso ou de consequências que este pode originar. É pertinente também referir que alguns autores, como (Leóne 1996), defendem que a definição de vulnerabilidade implica também as noções de exposição e de interação entre o fenómeno e o elemento, para além das consequências e danos resultantes.

2.2 Enquadramento Legal e Normativo

Dada a importância e potencial severidade resultante dos fenómenos de instabilidade de taludes, existe um conjunto de legislação e normas que abordam o assunto, na medida de estabelecer um controlo rigoroso e minimizar a ocorrência de tais problemas.

2.2.1 Legislação Específica

Um diploma constituinte da legislação portuguesa no qual a preocupação com esta questão é expressa é o Decreto-Lei nº 38 382, de 7 de Agosto de 1951, que aprova o Regulamento Geral das Edificações Urbanas. Este estabelece, entre outros pontos, a importância de ter em conta fatores relativos à geologia do local onde se estabelece uma determinada construção, particularmente no que toca à sua fundação e condições de estabilidade, conforme o estabelecido nos excertos do documento legal que serão em seguida apresentados.

Em primeira instância, no Capítulo I deste diploma, denota-se imediatamente a preocupação em providenciar as melhores condições de segurança à edificação em causa, que é realçada no seu Artigo 15º:

“Todas as edificações, seja qual for a sua natureza, deverão ser construídas com perfeita observância das melhores normas da arte de construir e com todos os requisitos necessários

para que lhes fiquem asseguradas, de modo duradouro, as condições de segurança, salubridade e estética mais adequadas à sua utilização e as funções educativas que devem exercer.”

Avançando para o Capítulo II, relativo à temática das fundações, são em seguida apresentados três artigos específicos, nomeadamente o Artigo 18º, 21º e 22º:

“Artigo 18.º

As fundações dos edifícios serão estabelecidas sobre terreno estável e suficientemente firme, por natureza ou por consolidação artificial, para suportar com segurança as cargas que lhe são transmitidas pelos elementos da construção, nas condições de utilização mais desfavoráveis.

Artigo 21.º

As câmaras municipais, atendendo à natureza, importância e demais condições particulares das obras, poderão exigir que do respectivo projecto conste, quer o estudo suficientemente pormenorizado do terreno de fundação, de forma a ficarem definidas com clareza as suas características, quer a justificação pormenorizada da solução prevista, ou ambas as coisas.

Artigo 22.º

A compressão do terreno por meios mecânicos, a cravação de estacas ou qualquer outro processo de construir as fundações por percussão deverão mencionar-se claramente nos projectos, podendo as câmaras municipais condicionar, ou mesmo não autorizar, o seu uso sempre que possa afectar construções vizinhas.”

É possível constatar que todos estes artigos mencionados revelam a importância do solo e a sua influência na estabilidade de uma construção e vice-versa, assim como a possível influência que tal pode ter em construções vizinhas. Adicionalmente, estes artigos sugerem ainda o carácter preponderante que a legislação impõe sobre as câmaras municipais, como entidades que possuem a responsabilidade de analisar com maior pormenor os projetos e obras a realizar e o poder de as autorizar ou não. Esta ideia é já expressa no próprio Artigo 1º deste documento, o qual refere esta mesma importância do papel dos municípios no reforço e aplicação desta legislação em todas as situações:

“A execução de novas edificações ou de quaisquer obras de construção civil, a reconstrução, ampliação, alteração, reparação ou demolição das edificações e obras existentes, e bem assim os trabalhos que impliquem alteração da topografia local, dentro do perímetro urbano e das zonas rurais de protecção fixadas para as sedes de concelho e para as demais localidades sujeitas por lei a plano de urbanização e expansão subordinar-se-ão às disposições do presente regulamento.

único – O presente regulamento aplicar-se-á, ainda, nas zonas e localidades a que seja tornado extensivo por deliberação municipal e, em todos os casos, as edificações de carácter industrial ou de utilização colectiva.”

Avançando agora para o campo das normas, surge então a Norma Portuguesa NP EN 1997-1:2010 – Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico, que constitui a versão portuguesa da norma europeia EN 1997-1:2004 + AC:2009. Esta norma deve ser utilizada em conjunto com as EN 1990, EN 1991 e EN 1999, e estabelece um conjunto completo de diretrizes que se destinam a ser utilizadas como uma base geral para os aspetos geotécnicos do projeto de edifícios e outras obras de engenharia civil, no que diz respeito aos requisitos de resistência, estabilidade, aptidão para a utilização e durabilidade das estruturas.

Isto passa assim pela análise das bases do projeto geotécnico e a aquisição e estudo dos dados relevantes, assim como a supervisão da construção, observação e manutenção, e também questões relacionadas com estruturas como funções por estacas, ancoragens outras estruturas de suporte, assim como aterros.

Desta forma verifica-se assim que o documento supracitado tem três principais propósitos:

- *“Servir como meio de comprovar a conformidade dos edifícios e de outras obras de engenharia civil com as exigências essenciais da Diretiva 89/106/CEE do Conselho, particularmente a Exigência Essencial n.º 1 – Resistência mecânica e estabilidade – e a Exigência Essencial n.º 2 – Segurança contra incêndio;*
- *Servir como base para a elaboração de especificações técnicas harmonizadas para os produtos de construção (EN e ETA);*
- *Servir como base para a especificação de contratos de trabalhos de construção e de serviços de engenharia a eles associados.”*

2.2.2 Instrumentos de Gestão do Território

Efetivamente, as sucessivas menções previamente analisadas relativas ao papel dos municípios enquanto entidades responsáveis pela promoção da segurança pública no que toca ao tema da instabilidade de taludes e movimentos de massa derivam dos Instrumentos de Gestão Territorial (IGT).

Segundo o Decreto – Lei nº 316 de 19 de Setembro de 2007, que aprova o Regulamento Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT), estes, tal como é expresso nos seus Artigos 10º e 11º, identificam as áreas afectas à defesa nacional, segurança e protecção civil, assim como o conjunto de equipamentos, infra-estruturas e sistemas que asseguram a segurança e protecção civil, respetivamente.

O sistema que articula os IGT e o seu funcionamento encontra-se atualmente organizado em três dimensões distintas que se inter-relacionam: dimensão nacional, regional e municipal.

Em termos nacionais, é o Plano Nacional das Políticas de Ordenamento do Território (PNPOT) o instrumento fundamental. Este, por sua vez, juntamente com os Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT), que funcionam fundamentalmente como elos de ligação, definem em termos de maior abrangência e generalidade o quadro estratégico que é posto em prática e desenvolvido pelos Planos Municipais do Ordenamento do Território (PMOT) e, quando existam, pelos Planos Intermunicipais de Ordenamento do Território (PIOT) (Vicêncio, Graça et al. 2009).

Tal como é expresso no Artigo 69º do RJIGT, os Planos Municipais do Ordenamento do Território são “da responsabilidade das Câmaras Municipais”, e “*definem o regime de uso do solo, definindo modelos de evolução previsível da ocupação humana e da organização de redes e sistemas urbanos e, na escala adequada, parâmetros de aproveitamento do solo e de garantia da qualidade ambiental (...)*”.

Estes, por sua vez, são compostos por três principais instrumentos legislativos: O Plano Director Municipal (PDM), o Plano de Urbanização (PU), e o Plano de Pormenor (PP) (Vicêncio, Graça et al. 2009).

O Plano Director Municipal surge definido no Artigo 84º do RJIGT, consistindo fundamentalmente numa ferramenta que é capaz de transpor as directrizes provenientes do PNPOT e PROT para o âmbito municipal e de estabelecer a estratégia de desenvolvimento territorial, a política municipal de ordenamento do território e de urbanismo e as demais políticas urbanas. Adicionalmente, o PDM deve reger o modelo de organização espacial do território municipal tendo por base a classificação e a qualificação do solo. Dada a sua importância, o seu carácter obrigatório encontra-se perfeitamente explícito na legislação (Catita, Cardoso et al. 2007).

Passando ao Artigo 85º, referente ao conteúdo material que deve compor um PDM, são destacadas, entre outras, três alíneas específicas:

“1 — O plano director municipal define um modelo de organização municipal do território nomeadamente estabelecendo: (...)

f) A identificação das áreas e a definição de estratégias de localização, distribuição e desenvolvimento das actividades industriais, turísticas, comerciais e de serviços; (...)

j) A especificação qualitativa e quantitativa dos índices, indicadores e parâmetros de referência, urbanísticos ou de ordenamento, a estabelecer em plano de urbanização e plano de pormenor, bem como os de natureza supletiva aplicáveis na ausência destes; (...)

o) As condições de actuação sobre áreas críticas, situações de emergência ou de excepção, bem como sobre áreas degradadas em geral; (...)”

Segundo o Artigo 86º, este é composto fundamentalmente por:

“a) Regulamento;

b) Planta de ordenamento, que representa que representa o modelo de organização espacial do território municipal de acordo com os sistemas estruturantes e a classificação e qualificação dos solos e ainda as unidades operativas de planeamento e gestão definidas;

c) Planta de condicionantes que identifica as servidões e restrições de utilidade pública em vigor que possam constituir limitações ou impedimentos a qualquer forma específica de aproveitamento.”

Mais uma vez é possível constatar a relevância dos PDM na questão relacionada com a segurança e a prevenção no que toca ao ordenamento do território, e consequentemente de forma menos evidente à instabilidade de taludes. Esta questão acaba por ser clara nas alíneas acima transcritas do Artigo 85º, que mencionam a responsabilidade do município em estabelecer estratégias de localização e funcionamento de actividades económicas assim como habitações, e ainda formas de actuação em situações de emergência, o que se insere no domínio da segurança ocupacional. Por outro lado, a planta de ordenamento e a planta de condicionantes que o Artigo 86º menciona também se relacionam com a questão em foco, no sentido em que estes componentes devem providenciar alguma informação quanto à estabilidade dos solos do território e a sua adequabilidade de ocupação, entre outros fatores.

O Plano de Urbanização desenvolve, particularmente, a qualificação do solo urbano.

O Plano de Pormenor, define detalhadamente o uso de qualquer área delimitada do território municipal (Vicêncio, Graça et al. 2009).

2.2.3 Segurança Ocupacional

Em termos de segurança ocupacional, esta problemática encontra-se também de certa forma abordada. Tal é evidente na Lei nº 3 de 28 de Janeiro de 2014, o Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho. No seu Artigo nº 79, relativo às actividades ou trabalhos de risco elevado, actividades relacionadas com a instabilidade de taludes e riscos de movimentos de massa são abordadas, na sua alínea a), sendo referidas como *“Trabalhos em obras de construção, escavação, movimentação de terras, de túneis, com riscos de quedas de altura ou de soterramento, demolições e intervenção em ferrovias e rodovias sem interrupção de tráfego”*. Analisando agora o Artigo 78º, relativo ao âmbito e obrigatoriedade de serviço interno da segurança e saúde no trabalho, verificamos que se encontra estipulado um limite mínimo de exposição para os riscos classificados como “riscos elevados”. Tal é observado na alínea sua c): *“O estabelecimento ou conjunto de estabelecimentos que desenvolvam actividades de risco elevado, nos termos do disposto no artigo seguinte, a que estejam expostos pelo menos 30 trabalhadores”*.

Também o Decreto – Lei nº 273/2003, relativo às regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros da construção, menciona a necessidade de implementar planos de segurança e saúde ocupacional que permitam prevenir e minimizar as ocorrências conhecidas como movimentos de massa associadas à atividade desempenhada nesse tipo de locais. Tal obrigatoriedade é inicialmente imposta pelo Artigo 5º, em qualquer fase da atividade em questão, como é observável pelos seus nºs 1 e 4, abaixo transcritos:

“1 — O dono da obra deve elaborar ou mandar elaborar, durante a fase do projecto, o plano de segurança e saúde para garantir a segurança e a saúde de todos os intervenientes no estaleiro.

(...)

4 — O plano de segurança e saúde é obrigatório em obras sujeitas a projecto e que envolvam trabalhos que impliquem riscos especiais previstos no artigo 7º ou a comunicação prévia da abertura do estaleiro“.

No Artigo 6º verifica-se agora a importância em implementar um plano de segurança e saúde ocupacional já desde a fase de projeto da atividade, sendo que aqui são já mencionadas algumas das características essenciais que este deve possuir, e entre as quais se encontram as propriedades geológicas e geotécnicas do terreno – que se relacionam diretamente com o risco de movimentos de massa. Tal é pode ser constatado nos seguintes excertos deste:

“Plano de segurança e saúde em projecto

1 — O plano de segurança e saúde em projecto deve ter como suporte as definições do projecto da obra e as demais condições estabelecidas para a execução da obra que sejam relevantes para o planeamento da prevenção dos riscos profissionais, nomeadamente:

(...) b) As características geológicas, hidrológicas e geotécnicas do terreno, as redes técnicas aéreas ou subterrâneas, as actividades que eventualmente decorram no local ou na sua proximidade e outros elementos envolventes que possam ter implicações na execução dos trabalhos;

2 — O plano de segurança e saúde deve concretizar os riscos evidenciados e as medidas preventivas a adoptar, tendo nomeadamente em consideração os seguintes aspectos:

a) Os tipos de trabalho a executar; (...)

e) Riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores, referidos no artigo seguinte; (...).”

No seguinte artigo 7º encontram-se definidos os riscos especiais, entre os quais efetivamente se distinguem ocorrências ligadas à instabilidade de taludes e aos movimentos de massa:

“Artigo 7º - Riscos especiais

O plano de segurança e saúde deve ainda prever medidas adequadas a prevenir os riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores decorrentes de trabalhos:

a) Que exponham os trabalhadores a risco de soterramento, de afundamento ou de queda em altura, particularmente agravados pela natureza da actividade ou dos meios utilizados, ou do meio envolvente do posto, ou da situação de trabalho, ou do estaleiro; (...).”

Com esta análise é possível constatar que a legislação nacional efetivamente prevê e reconhece este risco como uma problemática presente no domínio ocupacional.

2.3 Taludes

A denominação de talude ou vertente apresenta um conjunto de definições diferentes entre si. No entanto, em termos consideravelmente gerais, esta designação commumente engloba aquilo que é definido como uma superfície de inclinação variada existente numa dada formação geológica, seja esta fundamentalmente rochosa, terrosa ou uma combinação de ambas as “classificações” (Caputo 1988, Silva, Santos et al. 2009).

Estas superfícies, ocorrentes em toda a área que constitui a camada superficial terrestre (ainda que numa miríade de circunstâncias variáveis), integram ativamente a constituição da topografia atual tal como a conhecemos. As seguintes **Figuras 1¹** e **2** representam respetivamente a esquematização dum talude e os seus principais elementos constituintes, assim como uma exemplificação real.

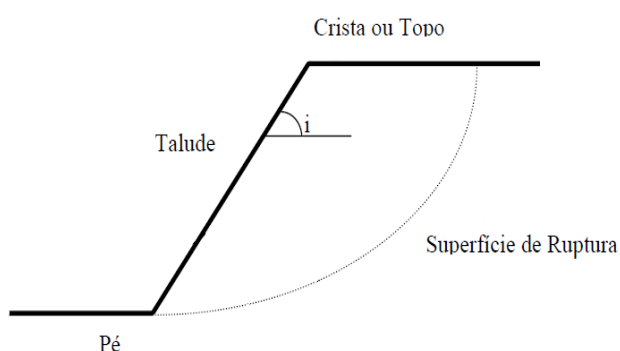


Figura 1 – Componentes fundamentais de um talude.



Figura 2 – Exemplo de um talude.

Consequentemente, a existência de taludes e as mudanças que estes incorrem de forma contínua, seja esta gradual ou instantânea, implicam um conjunto de diferentes interações com outros elementos do sistema que é o planeta Terra (Press and Siever 2001).

Um destes elementos é o próprio ser Humano, particularmente no que diz respeito ao planeamento e ocupamento antrópico do espaço e as atividades aí desempenhadas. Em primeiro lugar, é necessário considerar o crescimento acentuado da população mundial, que só no período de 2008 a 2013 apresentou um aumento em 450 milhões, e ultrapassou a marca dos 7 biliões em 2011, segundo estimativas das Nações Unidas (Nations, 2013). Esta factor, acoplado ainda às subjacentes necessidades de desenvolvimento tecnológico e económico por parte da sociedade, a necessidade do Homem em expandir a sua área de ocupação e atuação leva-o a uma ocupação física de zonas que possuem fatores, entre os quais se distingue a geologia, que são potencialmente instáveis e propensos a problemas. No entanto, é necessário frisar também que as próprias atividades antrópicas e interações entre Homem e Ambiente inerentes a estas podem acabar por ser fatores potencialmente promotores de instabilidade geológica que não existiria em caso contrário (Burton et al., 1993). Independentemente da causa, a existência de instabilidade geológica num dado talude com capacidade de exposição humana pode levar a consequências nefastas, não só em termos de dano material e da vida humana, mas também quanto ao foro social, económico e até mesmo ambiental (Keller 2012).

2.3.1 Tipologias de Taludes

Um talude, sendo uma formação geológica relativamente comum em toda a crosta terrestre, apresenta uma elevada diversidade no que toca à sua classificação. Esta pode ser de acordo com características como a sua origem, composição, inclinação, etc (Press and Siever 2001, Keller 2012).

Quanto à sua origem, os taludes podem ser divididos numa divisão simples. Esta consiste nas designações de taludes naturais ou artificiais, de acordo com o fato de terem origem em fenómenos naturais, tais como atividade tectónica, afloramento de formações rochosas, e fenómenos erosivos, etc, ou processos resultantes da intervenção do ser humano, como é o caso das escavações em minas e aterros, assim como obras de construção civil e afins (Cruden and Varnes 1996). A diferença subjacente a estas duas categorias de taludes acaba por ser pertinente aquando duma análise da instabilidade destes. Isto deve-se ao grau de conhecimento das propriedades dos taludes em foco de análise, que tendencialmente é superior no caso dos taludes artificiais do que nos naturais. No caso de taludes artificiais, como o caso da **Figura 6**², verifica-se que grande parte das suas propriedades, pelo menos no que toca à sua geomorfologia e composição são conhecidas, já que é um talude criado especificamente para a delimitação da área de um aterro, com um material que à partida é conhecido e já estudado. No entanto, tal grau de conhecimento não é sempre o mesmo para os taludes artificiais, como é o caso da **Figura 4**³. Neste caso é possível observar que este é um talude artificial já que foi “moldado” para uma função específica, sendo que no entanto, já possuiria uma composição geológica e propriedades geofísicas prévias às intervenções feitas pelo Homem, que poderiam ou não ser já por este conhecidas. Pelo lado contrário, taludes como os que são representados na **Figura 3**⁴ são claramente o oposto dos artificiais. Isto porque, sendo elementos naturais intocados pela acção antrópica, resultam do contínuo processo milenar geoevolutivo, estando submetidos a todas as interacções e acções naturais que são conhecidas por modificar as propriedades de um talude. Sendo assim, o caso dos taludes naturais, aquando da necessidade de uma análise de instabilidade, apresentam um maior nível de desconhecimento.



Figura 3 – Grand Canyon, EUA - Talude Natural.



Figura 4 – Mina - Talude Artificial.

Em termos de composição, não existe uma classificação específica. No entanto, taludes com composições predominantemente rochosas ou terrosas costumam ser designados dessa forma, e ainda, no caso de serem predominantemente constituídos por sedimentos, designados de acordo

² http://geosyntheticmagazine.com/articles/0410_f1_backfill.html (acedido em 12/03/2014)

³ http://www.psm.com.au/open_pit.html (acedido em 12/03/2014)

⁴ <http://www.gorp.com/parks-guide/grand-canyon-outdoor-pp2-guide-cid9032.html> (acedido em 12/03/2014)

com o calibre destes, como é observável pelas **Figuras 5⁵** e **6**. Também o próprio grau de granulometria dos taludes compostos por sedimentos soltos pode ser um fator influente na nomenclatura destes (Press and Siever 2001).



Figura 5 - Talude Rochoso.



Figura 6 - Aterro Sanitário - Talude Terroso.

Como referido previamente, uma outra forma de designação de taludes pode ser feita de acordo com a sua inclinação. Esta classificação divide-se numa série de classes, que se estendem desde as planícies, até às escarpas, de acordo com a sua crescente inclinação e amplitude local mínima. Exemplos deste tipo de classificações podem ser observadas nas **Figuras 7⁶** e **8⁷**.



Figura 7 - Planície.



Figura 8 - Escarpa.

Finalmente, uma outra designação, nomeadamente a de talude continental, é utilizada na oceanografia. Esta designação é utilizada predominantemente na denominação da zona da crosta terrestre que se encontra associada à transição do domínio continental para o oceânico, através de uma superfície de declive consideravelmente acentuado – o talude continental, tal como é possível observar pela **Figura 9⁸**.

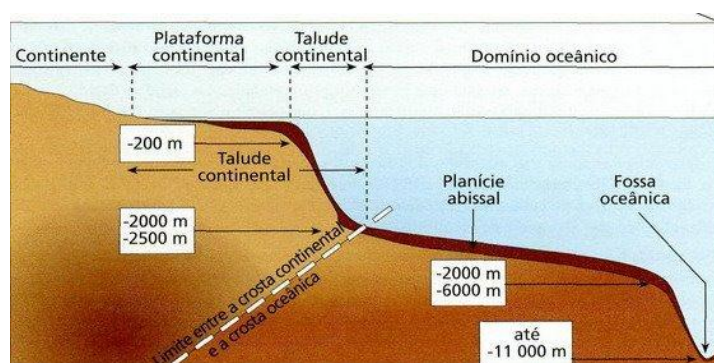


Figura 9 - Esquema da crosta terrestre.

⁵ <http://www.summitpost.org/looking-up-the-rocky-slope-alternative-option/533473> (acedido em 12/03/2014)

⁶ <http://alvito-baixoalentejo.blogspot.pt/2007/10/plancie-alentejana.html> (acedido em 12/03/2014)

⁷ <http://www.aceav.pt/blogs/rogerfernandes/Lists/Fotografias/Litoral/arriba.gif> (acedido em 12/03/2014)

⁸ <http://planetaanimal.spaceblog.com.br/545323/extremos-da-terra-fossas-abissais/> (acedito em 12/03/2014)

2.3.2 Instabilidade de Taludes

Na Natureza verifica-se constantemente uma progressão inata para a dissipação de energia, ou por outras palavras, para atingir o equilíbrio. No caso dos taludes, esta propensão para alcançar um estado de equilíbrio é também sempre presente, manifestando-se e afetando o que é designado de estabilidade de taludes (Keller 2012).

Aquilo que para a Humanidade é a instabilidade dos taludes, mais não é do que a procura da estabilidade por parte da própria Natureza.

A instabilidade de um talude, de uma forma simples, é determinada pelo conjunto de forças que interagem entre si neste sistema, associadas aos seus diversos componentes. Estas dividem-se fundamentalmente em dois tipos diferentes – as forças ativas e as forças de resistência, como evidenciado pela **Figura 10**. As forças ativas consistem nas forças que efetivamente promovem o movimento do talude e dos seus constituintes, sendo a mais comum destas a força gravítica ou peso dos elementos constituintes do talude ou ainda de outros que se situem neste, tais como rochas, habitações, indivíduos, cargas, etc. Por outro lado, as forças de resistência consistem em forças que são contrárias ao movimento, como é o caso das forças de atrito e cisalhamento (Keller 2012). Desta forma, a estabilidade de um talude é apenas assegurada quando as forças que atuam sobre este se encontram em equilíbrio, o que, considerando um caso de equilíbrio estático, implica que as forças de resistência sejam iguais ou superiores às forças ativas. (Keller 2012) sugere que esta questão é habitualmente analisada através do Factor de Segurança (F_S), calculado a partir do quociente entre as forças de resistência e as forças ativas. Obviamente, um talude será estável quando o valor calculado para F_S seja igual ou maior que 1. Em termos energéticos, este equilíbrio acaba por se traduzir na transformação ou não de, principalmente, a energia potencial gravítica das cargas existentes em energia cinética. Por sua vez, esta conversão energética resulta no problema já referido da instabilidade de taludes, através dos fenómenos designados de movimentos de massas (Varnes 1984).

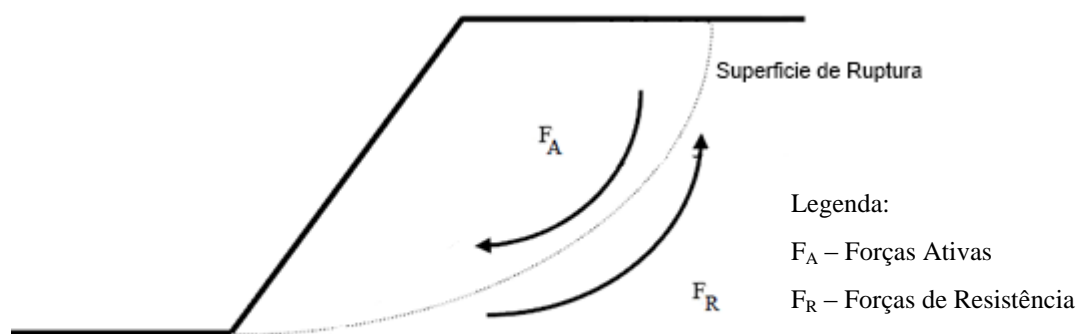


Figura 10 - Esquema das forças que afetam um talude.

Embora o cálculo do F_S aparente ser de relativa simplicidade, a determinação das forças que intervêm no sistema de um talude não o são, já que estas não são imutáveis. Esta questão é mais agravada ainda pelo facto do foco da análise ser um sistema de elevada complexidade, no qual múltiplos fatores, sejam estes internos ou externos, naturais ou antrópicos, implicam uma alteração nas condições iniciais do talude e condicionam o comportamento das forças que o dominam (Press and Siever 2001).

a) Factores Influentes

Multiplos são os fatores influentes na instabilidade de taludes que afetam toda a dinâmica de forças e interações do sistema. Estes podem ser agregados na sua grande parte enquanto factores externos ou internos, de acordo com o fato destes serem inerentes ao próprio talude ou resultantes de outros fenómenos. (Press and Siever 2001, Teixeira and Figueiredo 2006, Bateira, Pereira et al. 2008, Keller 2012) sugerem que os fatores considerados como mais contributivos para a instabilidade de um talude são os seguintes:

- Composição geológica;
- Morfologia;
- Clima;
- Vegetação;
- Água;
- Tempo;
- Atividade Antrópica.

Em seguida procede-se então a uma pequena discussão quanto à relevância e impacto de cada um destes na instabilidade de taludes.

i. Composição Geológica

A composição geológica de um talude é um fator inerente a este que o condiciona desde a sua génese. Diferentes formações geológicas, sejam estas maciços rochosos ou terrosos, agregados sedimentares ou uma mistura destes, possuem diferentes propriedades mecânicas e geo-físicas, que implicam diferentes respostas a estímulos intra e extra-sistema (Robinson and Spieker 1978, Silva 2009). Diferentes granulometrias de sedimentos influenciam diferentes graus de porosidade num talude, influenciando a sua absorção e retenção de água, um outro fator por si bastante influente. De forma semelhante, a um nível de maior detalhe, em termos de composição mineralógica, também diferentes composições produzem diferentes resultados e comportamentos, sejam estes em termos de meteorização e erosão, dureza, coesão, etc (Teixeira and Figueiredo 2006, Chaminé, Afonso et al. 2010). Tal pode levar determinados elementos do talude a sofrerem fendas, deformações e outras alterações estruturais que condicionam a sua estabilidade. Uma possível concretização de um exemplo para este ponto é o do comportamento de maciços graníticos quando expostos a elementos erosivos. Neste caso (**Figura 11**⁹), verifica-se que as diáclases existentes nestes maciços sofrem uma meteorização e desgaste erosivo preferencial, adquirindo formas de paralelepípedos, acentuando estas fendas e consequentemente originando “blocos”. Este fenómeno acaba assim por potenciar o desprendimento e movimento de porções do talude (Press and Siever 2001).

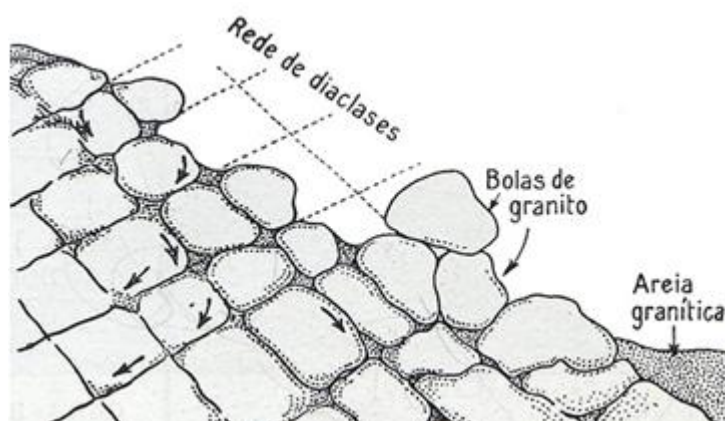


Figura 11 - Diáclases em maciços graníticos.

⁹ <http://espacociencias.com/site/wp-content/uploads/2012/11/caos-esquema.jpg> (acedido em 12/03/2014)

De outra forma, a existência de formações argilosas em zonas de climas naturalmente húmidos encontram-se por vezes associadas a fenómenos de expansão provocada pela absorção de elevados volumes de água, que pode condicionar a ocorrência de rupturas nos taludes (Robinson and Spieker 1978).

É também esta composição geológica que condiciona o tipo de movimentos de massa que podem resultar da instabilidade dos taludes (Press and Siever 2001, Teixeira and Figueiredo 2006, Chaminé, Afonso et al. 2010). De acordo com os tipos de taludes e a sua composição, podem ocorrer movimentos de massa instantâneos, ou lentos e graduais, com frequências extremamente variáveis. Para além disso, a litologia dos elementos constituintes do talude pode implicar a existência de planos ou superfícies de anisotropia, que implicam a existência de zonas específicas do talude de diminuta coesão e acrescida fragilidade, acabando por se comportar como planos de deslize preferenciais para movimentos de massa, que podem ser potenciados ainda mais por outros fatores. Este fenómeno sucede por exemplo em taludes constituídos por um conjunto de estratos sedimentares, no qual decorre uma infiltração entre dois estratos particulares onde existe menor coesão, provocando o movimento de massas. Este fenómeno é denominado de erosão diferencial, e pode ser observado, por exemplo para as praias do Sítio da Nazaré¹⁰.

ii. Morfologia do Talude

A morfologia de um talude aqui mencionada é principalmente baseada em duas propriedades – a inclinação e topografia/altitude. Estas propriedades influenciam a estabilidade de um talude através de uma relação de proporcionalidade inversa. Taludes de inclinação acentuada possuem uma maior propensão para sofrerem instabilidade e consequentes movimentos de massa, já que simultaneamente promovem um aumento das forças ativas e uma redução das forças de resistência aplicadas aos seus elementos. Tal fenómeno é consideravelmente semelhante ao exemplo académico de um corpo num plano inclinado, tal como é representado na **Figura 12**¹¹. Neste caso, quanto maior a inclinação do plano, dada pelo ângulo (A), maior será a força que promove o seu movimento – a componente horizontal da força que é o peso do corpo (D). Por outro lado, as forças de resistência a este movimento, distintivamente a força de atrito (N), diminui com o aumento da inclinação.

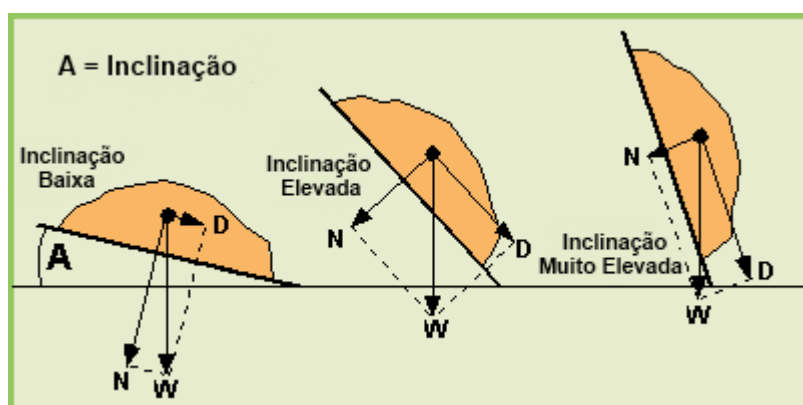


Figura 12 - Esquema do efeito da inclinação nas forças que afetam um talude.

A cota ou altura é também um fator influente na estabilidade de taludes numa relação de proporcionalidade inversa (Press and Siever 2001). Tal deve-se ao fato de que altitudes

¹⁰ <http://mesozoico.wordpress.com/2010/05/18/zonas-de-perigosidade-geologica-no-litoral-entre-nazare-e-vale-de-paredes/> (acedido 17/03/2014)

¹¹ Adaptado de http://geology.isu.edu/wapi/envgeo/EG4_mass_wasting/EG_module_4.htm (acedido 12/03/2014)

superiores em taludes em repouso implicam que valores mais elevados para a energia potencial gravítica associada às suas massas constituintes. Consequentemente, a tendência natural destas seria a da transformação e transferência de energia de forma a atingir o equilíbrio, que decorreria através da sua queda. É por esta razão que normalmente taludes de altitudes superiores encontram-se também associados a consequências mais desastrosas quando decorridos movimentos de massa, já que a energia cinética e velocidade da queda das massas é maior (Engineering 1995).

iii. Clima

O clima é um de vários fatores que é externo ao próprio talude (Teixeira and Figueiredo 2006). No entanto, tal argumento não reduz a sua influência na instabilidade deste. O clima apresenta-se como um fator influente na instabilidade dos taludes pelo fato de que este implica a incidência de um conjunto de agentes erosivos sobre o talude, que consequentemente induzem alterações geomorfológicas sobre este (Engineering 1995, Zêzere, Trigo et al. 2008,).

Os agentes erosivos e as condições com que estes incidem sobre o talude são variáveis, sendo dependentes das condições climáticas. Estas, por sua vez, acabam por ser dependentes de um outro conjunto de condições, variando de acordo com a sua localização geográfica. Desta forma, um talude localizado numa zona associada a climas predominantemente secos seria provavelmente menos coeso e agregado, e possuiria maior permeabilidade, por exemplo (**Figura 13**¹²).



Figura 13 - Talude em clima seco.

A ação de agentes erosivos e transportadores, como é o caso do vento e da água (seja esta no seu estado sólido ou líquido), assim como a frequência, sazonalidade, intensidade e localização onde estes incidem é notável para o estudo da instabilidade de um talude. (Zêzere, Trigo et al. 2008, Chaminé, Afonso et al. 2010)

Adicionalmente, o clima é também um fator que condiciona o crescimento e desenvolvimento da flora numa dada região, pelo que possui também a sua relevância neste ponto. Tal é devido à influência da vegetação na instabilidade de taludes, que será em seguida abordada.

iv. Vegetação

A existência de vegetação é por si só um fator influente na instabilidade de taludes. No entanto, é necessário compreender que esta pode ser uma influência quer positiva quer negativa, sendo necessário a análise de outros fatores influentes em simultâneo (Bateira 2001, Keller 2012). Em primeira instância, a existência de vegetação na superfície de um talude tem duas vantagens fundamentais. A primeira é o enraizamento das espécies de flora na massa do talude, o que contribui positivamente para a coesão do solo e a sua estabilização, funcionando de certa forma como um ponto de âncoragem que fixa esse ponto (Teixeira and Figueiredo 2006, Norris 2008),

¹² <http://www.walkingholidayinfo.co.uk/walking-in-greece.php> (acedido em 12/03/2014)

como observável nas **Figuras 14¹³** e **15¹⁴**. A segunda consiste no facto de que determinados tipos de vegetação, nomeadamente aqueles com uma folhagem mais ampla e densa, impedem o impacto direto da chuva na superfície do talude, reduzindo o potencial erosivo deste agente. Para além disto, a existência de vegetação pode também ter uma contribuição positiva para a estabilidade do talude devido à drenagem de parte da água contida neste (Engineering 1995).



Figura 14 – Exemplo do efeito da vegetação em taludes.



Figura 15 – Esquema do efeito da vegetação em taludes.

No entanto, a vegetação nem sempre tem uma influência positiva na estabilidade de um talude. Isto decorre devido ao facto de que a existência de vegetação aumenta a carga que o talude suporta. No caso de taludes cuja composição litológica apresenta uma profundidade de solo reduzida, e as espécies da flora são de dimensões consideráveis, movimentos de massa podem ocorrer devido à incapacidade das raízes destas em suportarem-nas. Um outro pormenor relevante relativo à influência da vegetação é o facto de que por vezes esta própria atua como um agente erosivo. Em certos tipos de formações geológicas, são registados fenómenos em que algumas plantas se enraízam entre as fendas destas, acabando por forçar a sua expansão e erosão à medida que a planta se desenvolve e as raízes aumentam de dimensões (**Figura 16¹⁵**).



Figura 16 – Invasão de vegetação em maciços graníticos.

¹³ http://dc363.4shared.com/doc/F_7giRaH/preview.html (acedido em 12/03/2014)

¹⁴ Adaptado de http://www.nativervegetation.org/learn/manual/ch_5.aspx (acedido em 12/03/2014)

¹⁵ http://www.notapositiva.com/pt/trbestbs/geologia/imagens/11_recursos_hidrogeologicos_08_d.jpg (12/03/2014)

v. Hidrologia

A água é um dos principais agentes influentes na instabilidade de um talude (Varnes 1984, Keller 2012). Esta atua como um agente meteorizador, erosivo e transportador, possuindo portanto uma elevada influência quanto à instabilidade de um talude, seja de forma direta ou indireta (Engineering 1995).

Em primeiro lugar, enquanto agente de meteorização e erosão, a água tem um potencial enorme, visto que esta é capaz de se infiltrar nas massas do talude com maior facilidade do que qualquer outro agente, provocando alterações químicas/mineralógicas, físicas e estruturais aos componentes do talude, comprometendo a sua estabilidade (Engineering 1995, Cruden and Varnes 1996, Zêzere 1997, Silva 2009, Chaminé, Afonso et al. 2010). Casos facilmente constatáveis deste fenómeno são, por exemplo, a solubilização da calcite em taludes compostos por calcários, ou a expansão de fendas e rupturas provocadas pelo congelamento e degelo de água infiltrada em maciços rochosos.

Enquanto agente transportador a água pode ser igualmente problemática para a instabilidade de um talude. No caso de infiltrações, a escorrência de água em profundidade, pode originar movimentos de massa resultantes de rupturas em zonas de anisotropia, como as previamente referidas superfícies de estratos diferentes (Chaminé, Afonso et al. 2010). Um caso particular deste tipo de fenómeno é o da formação do “quick clay” (Turner and Schuster 1996, Keller 2012), que se deve à hidratação de grandes quantidades de argilas, que adquirem um comportamento mais próximo de fluido que de sólido (Robinson and Spieker 1978). Por outro lado, mesmo que não existam zonas de anisotropia tão frágeis, a acumulação de água no corpo de um talude leva a um aumento da pressão hidráulica exercida sobre este.

No caso do talude ser incapaz de drenar adequadamente a quantidade de água que absorve, a pressão hidráulica adquirida pode revelar-se como insustentável (**Figura 17**), levando a desabamentos e desmoronamentos. Estes podem ser tanto instantâneos, como podem demorar anos a manifestarem-se.

No caso da superfície de um dado talude se tornar saturada e se verificar a escorrência de água através desta, também podem despoletar-se movimentos de massa caracterizados pelo arrastamento dos elementos mais superficiais do talude (Cruden and Varnes 1996).

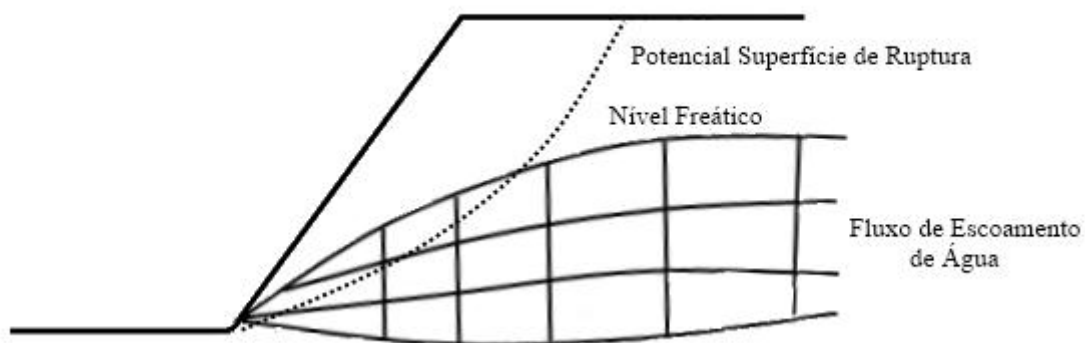


Figura 17 - Acumulação de água num talude.

vi. Tempo

O tempo é um fator fulcral no que toca à instabilidade de um talude pelo simples fato de que é o tempo de exposição dos restantes fatores influentes o que lhes permite gerar os seus efeitos característicos (Varnes 1984).

Isto quer dizer que, por exemplo, um talude pode desmoronar devido a elevadas pressões hidráulicas resultantes de uma acumulação de água, apenas se esta acumulação decorrer durante tempo suficiente para gerar uma pressão hidráulica insuportável. Do mesmo modo, o desenvolvimento da vegetação num talude, assim como a exposição aos fatores meteorológicos característicos da zona e as consequências que estes acarretam apenas surtem efeito de acordo com o tempo durante o qual o talude se encontra exposto (Engineering 1995).

Esta questão é igualmente verídica para os próprios fatores influentes da instabilidade de um talude que são inerentes a este. Tal como uma considerável parte dos processos geológicos, a alteração da composição mineralógica, as deformações e rupturas causadas por agentes erosivos ou movimentos tectónicos, por exemplo, são fenómenos que implicam largos períodos de tempo para que surtam efeitos notáveis na instabilidade de um talude (Keller 2012).

vii. Atividade Antrópica

Embora a interferência do ser humano não seja um fenómeno de origem natural, atualmente distingue-se como um dos principais fatores que compromete a estabilidade de taludes (Robinson and Spieker 1978, Bateira 2001, Keller 2012). Tal deve-se ao fato de que, devido à necessidade de expansão territorial por parte do ser humano, fruto do crescimento demográfico exponencial e constante que se verifica atualmente, decorre nos dias de hoje uma ocupação desmedida e desenfreada do território, que muitas vezes ignora qualquer tipo de política de planeamento ou segurança existentes (Varnes 1984, Bateira 2001, Silva 2009, Chaminé, Afonso et al. 2010), como é observável na **Figura 18**¹⁶. Este problema, comum no setor imobiliário, é particularmente frequente em cidades sobrepovoadas em desenvolvimento, onde os interesses económicos são priorizados em detrimento de fatores sociais e ambientais (Robinson and Spieker 1978, Engineering 1995). Como tal, o ser humano afeta os taludes naturais existentes, executando construções como habitações e infraestruturas que implicam sobrecargas elevadas sobre os taludes. Em muitos casos este tipo de construções e atividades exigem também a alteração geomorfológica destes de forma a que melhor se ajustem ao pretendido, através de escavações, cortes longitudinais e etc, comprometendo a sua estabilidade (Bateira 2001).



Figura 18 – Ocupação antrópica de alto risco no Morro Britador, Brasil.



Figura 19 – Desflorestação em taludes acentuados.

Em certos casos ocorre ainda a remoção total da vegetação existente, que atinge o seu máximo de gravidade em atividades de desflorestação (**Figura 19**¹⁷). A impermeabilização das superfícies do talude sem sistemas adequados de drenagem, feita com betão, cimento, ou outros materiais construtivos comuns, pode originar situações de perigo, promovendo a acumulação de

¹⁶ <http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo/geocritica2010/361.htm> (acedido 12/03/2014)

¹⁷ <http://en.wikipedia.org/wiki/Erosion> (acedido 12/03/2014)

águas infiltradas e um aumento da pressão hidráulica, originando movimentos de massas e desabamentos (Cruden and Varnes 1996). Por outro lado, a construção desadequada de sistemas de drenagem que concentram volumes de água elevados a escoarem por zonas de vertente pode também ser problemática (Bateira 2001, Teixeira and Figueiredo 2006).

Um outro problema na instabilidade de taludes associado à atividade antrópica é o da criação e construção de taludes artificiais, concebidos para funções específicas (Teixeira and Figueiredo 2006). No caso dos aterros e das minas, por exemplo, são escavados e erguidos taludes propositados para o efeito, que podem ser instáveis e propensos a desmoronamento caso sejam mal concebidos. Este tipo de problemas é frequente no caso das minas, devido à imprevisibilidade dos taludes que são progressivamente alterados com a exploração da obra (Keller 2012).

viii. Outros Fatores Desencadeantes

Embora estes sejam menos comuns e portanto, menos preponderantes, existem mais alguns fatores cuja influência na instabilidade de taludes é clara. Entre estes distinguem-se alguns fenómenos naturais altamente energéticos e muitas vezes imparáveis, commumente designados de desastres naturais. Ocorrências como atividade vulcânica, sismos, monções e chuvas intensas, tempestades de neve, inundações e tsunamis são tudo fatores que, devido ao seu elevado potencial energético são naturais promotores do desequilíbrio e instabilidade de um talude, sendo muitas vezes o fator que leva à ocorrência da situação limite (Bateira 2001, Press and Siever 2001, Teixeira and Figueiredo 2006).

b) Consequências de Instabilidade em Taludes

A existência de fatores que promovem a instabilidade em taludes tem como consequência final o fenómeno que é a própria concretização física desta massas em reduzir a sua instabilidade. Este fenómeno é commumente designado de movimentos de massas, sendo que a sua classificação depende de três principais características, segundo (Press and Siever 2001): o tipo predominante de material que se move, o tipo de movimento e a velocidade a que este decorre – **Tabela 1**.

Tabela 1 - Classificações de Movimentos de Massa.

Material Predominante	Tipo de Movimento	Velocidade		
		Lento (1 cm ano ⁻¹ ou menos)	Moderado (1 km h ⁻¹ ou mais)	Rápido (5 km h ⁻¹ ou mais)
Rochoso	Escoamento	Escoamento de Rochas		Avalanche de Rochas
	Deslize / Queda	Deslizamento de Rochas		Derrocadas
Terroso / Não consolidado	Escoamento	<i>Creep</i> <i>Solifluction</i>	Escoamento de Detritos	Avalanche de Detritos
	Deslize / Queda	Deslizamento de Detritos		

Adaptado de (Press and Siever 2001)

É necessário salientar, no entanto, que embora exista um vasto leque de diferentes designações para movimentos de massa, a sua classificação está longe de ser simples (Robinson and Spieker 1978, Cruden and Varnes 1996). Isto deve-se ao fato de que em muitos casos esta classificação é feita apenas após a ocorrência do fenómeno, o que implica que este estudo possa apenas ser feito

de acordo com a reconstrução dos eventos que levaram a este e os detritos ainda presentes (Press and Siever 2001). Adicionalmente, o que muitas vezes se verifica é que o fenómeno não é perfeitamente uniforme e homogéneo, ou seja, pode possuir uma constituição tanto rochosa como terrosa ou ocorrer a diferentes velocidades em diferentes períodos de tempo, o que obviamente dificulta a sua caracterização (Cruden and Varnes 1996).

Os movimentos de massa podem ser divididos fundamentalmente em dois tipos: movimentos de rochas, ou movimentos não consolidados (Press and Siever 2001).

Movimentos de rochas, tal como o próprio nome indica, são todos os movimentos de massa associados a massas rochosas consolidadas que sofrem movimentações devido a condições de instabilidade. Normalmente, este tipo de movimentos é fortemente influenciado por fatores erosivos, já que são estes o que mais condicionam a instabilidade e desagregação dos maciços supra-mencionados (Press and Siever 2001).

Em seguida são descritos os principais tipos de movimentos de rochas:

- Avalanches de rochas – caracterizadas por serem os movimentos de massa rochosos mais energéticos, já que são os mais rápidos, possuem um potencial destrutivo enorme. Estas, normalmente despoletadas por fenómenos como sismos, movimentações de massas na vertente e quedas súbitas, são capazes de causar danos imensuráveis, devido aos elevados volumes e durezas das massas movimentadas (Cruden and Varnes 1996, Dikau, Brunsden et al. 1996).
- Deslizamentos de Rochas – movimentos translacionais de rochas em vertentes com descontinuidades estruturais concordantes com o declive (Cruden and Varnes 1996, Dikau, Brunsden et al. 1996).
- Movimentos de massa compostos por materiais não consolidados apresentam uma variabilidade em comportamentos e características superior à dos movimentos de massa rochosos. No entanto genericamente, este tipo de movimentos de massa apresenta um comportamento semelhante a um fluido (Cruden and Varnes 1996).

As principais tipologias de movimentos não consolidados são:

- Deslizamentos de Detritos – movimentos comuns, ocorrentes a baixa profundidade, constituídos pelo material que compõe os depósitos de vertente, que sofrem reduções de dimensões à medida que este ocorre (Cruden and Varnes 1996, Zêzere 1997).
- Deslizamentos de Lamas – movimentos constituídos predominantemente por sedimentos argilosos ou siltosos, cujas velocidades são relativamente baixas e caracterizados por uma formação característica em forma de “língua” (Selby 1986, Zêzere 1997).
- Escoamentos de rochas – movimentos associados a deformações gravíticas semelhantes a *creep* que ocorrem em vertentes montanhosas com formações rochosas com um elevado grau de diáclases ou estratificação, o que implica o escoamento de massas com granulometrias elevadas. (Zêzere 1997, Teixeira and Figueiredo 2006).
- Escoamentos de detritos – semelhantes aos escoamentos de rochas, divergindo no fato de que neste caso a granulometria do material escoado é variável, e portanto a movimentação da massa como um todo ocorre por impulsos sucessivos induzidos pela força da gravidade (Varnes 1984, Dikau, Brunsden et al. 1996).
- Escoamento de Lamas – são movimentos que ocorrem predominantemente em vertentes de declive entre os 25° e 40°, e cujo material consiste em lamas com pelo menos 50% de areia, silte e partículas argilosas (Cruden and Varnes 1996, Dikau, Brunsden et al. 1996). Verifica-se que estes movimentos de massa atingem velocidades bastante elevadas, arrastando tudo o que se encontra na superfície do talude à medida que escoam. Tais movimentos são muitas vezes responsáveis por mortes e destruição acentuada (Keller 2012)

Em termos de velocidade, este tipo de movimentos de massa apresentam o tipo de movimento de massa mais lento conhecido, o fenómeno conhecido como *creep* (Press and Siever 2001). Este consiste numa movimentação quase infinitesimal dos constituintes do talude a diferentes

velocidades, mas todas elas extremamente baixas (rondando as dezenas de mm/ano). Em vertentes montanhosas, por vezes ocorrem deformações resultantes destes movimentos nas próprias cargas existentes na superfície dos taludes, sem que estas sejam totalmente arrastadas com o movimento. Um exemplo de tal fenómeno é o crescimento deformado de árvores existentes na superfície de taludes sujeitos a movimentos de *creep*, tal como representado na **Figura 20**¹⁸. Não obstante, este tipo de movimentos de massa pode levar a consequências problemáticas, exercendo pressões consideráveis sob, por exemplo, as paredes de um edifício.



Figura 20 - Deformação de árvore devido a movimentos de *creep*.

Paralelamente, o fenómeno de *solifluction* é também um fenómeno de movimentação de massas desagregadas de velocidade reduzida (**Figura 21**¹⁹). Este é característico de zonas frias, nas quais a água existente na superfície do talude congela e descongela durante determinados períodos de tempo, promovendo a movimentação dos materiais geológicos com as variações físicas que as massas de água sofrem e induzem sobre o talude (Press and Siever 2001).



Figura 21 - Exemplo de *solifluction*.

¹⁸ <http://crawford.tardigrade.net/journal/album7314.html> (acedido 12/03/2014)

¹⁹ http://www.eol.ucar.edu/projects/atlas/seward_cd/group/PS/Photos/Solifluction_lobes.jpg (acedido 12/03/2014)

c) Consequências dos Movimentos de Massa

Sendo a instabilidade de taludes e os consequentes movimentos de massa um fenómeno sempre presente e influente na morfologia da crosta terrestre, procedeu-se então à elaboração de um resumo de alguns dos mais notáveis registos existentes de tais acontecimentos, que se encontram expressos na **Tabela 2**. Durante a execução de tal levantamento de registos escolheu-se por fechar o leque para o período temporal desde 1999 até agora, numa tentativa de demonstrar que este tipo de problemas continuam a suceder no presente, e muitas vezes com consequências catastróficas, demonstrando ainda a incapacidade do ser humano e efetivamente prever e minimizar este tipo de fenómenos totalmente.

Tabela 2 – Histórico recente de alguns movimentos de massa notáveis.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Vargas, Venezuela	14 a 16 de Dezembro de 1999	Deslize de Lamas e Detritos	15,000 vítimas mortais; Inúmeras habitações e propriedades destruídas.	(Larsen 2008)
Thiruvananthapuram, Kerala, Índia	11 de Setembro de 2001	Avalanche de Detritos	39 vítimas mortais; Pelo menos 4 casas destruídas.	(Asian Disaster Reduction Center 2001 ²⁰ , Lukose Kuriakose, Sankar et al. 2010)
Monte Bawakaraeng, Sulawesi, Indonésia	26 de Março de 2004	Avalanche de Rochas	32 vítimas mortais; Danos de propriedade estimados em \$2,315,000.	(Hasnawir, Omura et al. 2006, Tsuchiya, Sasahara et al. 2009)
La Conchita, California, EUA	10 de Janeiro de 2005	Escorregamento de Detritos	10 vítimas mortais; Destruição de 36 residências.	(Jibson 2006, Shaller, Shrestha et al. 2011)
Leyte, Filipinas	17 de Fevereiro de 2006	Avalanche e Deslizamento de Rochas	1,100 vítimas mortais; Destruição parcial de uma aldeia	(Evans, Guthrie et al. 2007)
Chittagong, Bangladesh	11 de Junho de 2007	Deslizamento de Lamas	128 vítimas mortais e 150 feridos; Destruição parcial da cidade.	(Baskar and Baskar 2009)
Shiaolin, Taiwan	9 de Agosto de 2009	Deslizamento de Lamas	Entre 400 e 700 mortos e feridos; Destruição completa da aldeia.	(Tsou, Feng et al. 2011)

²⁰ http://www.adrc.asia/latestinfo/View_E.php?lang=en&KEY=263 (acedido 02/03/2014)

Tabela 3 – Histórico recente de alguns movimentos de massa notáveis. (Continuação)

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Bududa, Uganda	1 de Março de 2010	Escoamento de Detritos	400 vítimas mortais; Destruição de pelo menos 600 habitações.	((IFRC) 2010, Juventine 2012)
British Columbia, Canada	6 de Agosto de 2010	Avalanche de Rochas	Sem vítimas mortais; 1,500 pessoas evacuadas; Um dos três mais fortes movimentos de massa decorridos no Canada; Provocou o bloqueio temporário de um rio.	(Guthrie, Friele et al. 2012)
Gansu, China	8 de Agosto de 2010	Deslizamento de Lamas	1,471 vítimas mortais; Inúmeras habitações e propriedade destruídas.	(BBC News 2010 ²¹ , Thiebes 2012)
Mina do desfiladeiro de Bingham, Utah, EUA	10 de Abril de 2013	Deslizamento de Detritos	Sem vítimas mortais devido a análises de previsão; Custos para a empresa rondando \$780,000,000.	(American Geophysical Union 2013 ^{22,23} , Pankow, Moore et al. 2014)
Uttarakhand, India	16 e 17 de Junho de 2013	Deslizamento de Lamas e Detritos	5,000 vítimas mortais; Inúmeras habitações e propriedade destruídas.	(India Times 2013 ²⁴)

Denote-se, no entanto, que na tabela previamente apresentada encontram-se apenas descritos os eventos relativos aos movimentos de massa propriamente ditos e as estatísticas associadas a estes. Desta forma, em muitos destes casos, a dimensão das consequências é ainda maior, já que estes têm como origem fenómenos catastróficos como atividade sísmica e vulcânica, ou chuvas intensas que simultaneamente originam inundações. Estes despoletam assim não só um movimento de massa, mas sim um conjunto, que coletivamente originam consequências que não são reportadas desta forma. A título de exemplo surge o terramoto de 2008 que ocorreu na província chinesa de Wenchuan, o qual causou cerca de 70,000 mortes. Destas, estima-se que 20,000 foram devidas a 15,000 movimentos de massa despoletados pela atividade sísmica (Thiebes 2012).

De seguida discutem-se resumidamente alguns dos mais recentes eventos associados a movimentos de massa que se registaram em Portugal, com particular atenção para cidades densamente populadas com com propensão para a ocorrência de danos humanos e materiais, como é o caso da cidade do Porto – **Tabela 4**.

²¹ <http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-pacific-10922991> (acedido 02/03/2014)

²² <http://blogs.agu.org/landslideblog/2013/04/12/the-unusually-large-bingham-canyon-mine-landslide-an-impressive-example-of-prediction-using-monitoring/> (acedido 02/03/2014)

²³ <http://blogs.agu.org/landslideblog/2013/04/16/is-the-bingham-canyon-copper-mine-landslide-the-most-expensive-single-mass-movement-in-history/> (acedido 02/03/2014)

²⁴ <http://timesofindia.indiatimes.com/india/Uttarakhand-5000-feared-killed-19000-still-stranded/articleshow/20731541.cms> (acedido 02/03/2014)

Tabela 4 – Histórico de alguns movimentos de massa em Portugal.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Sabadim, Arcos de Valedvez	1 de Outubro de 2003	Derrocada	3 vítimas mortais. Danos em várias casas.	Diário do Minho 2003 ²⁵
Hospital S. João, Porto	24 de Agosto de 2009	Deslizamento de Detritos	Um ferido.	Diário da Manhã 2009 ²⁶
Madeira	20 de Fevereiro de 2010	Deslizamentos de Detritos e de Lamas	40 vítimas mortais; 70 feridos; 250 pessoas desalojadas; Danos elevados em habitações e infraestruturas	Pravda.Ru 2010 ²⁷
S. Miguel, Açores	14 de Março de 2013	Deslizamento de Detritos	3 vítimas mortais.	RTP 2013 ²⁸
Bairro Fontaínhas, Porto	26 de Março de 2013	Derrocada	Danos materiais num automóvel e habitação; Interrupção da circulação na estrada.	Diário de Notícias 2013 ²⁹
Eiras, Coimbra	3 de Janeiro 2014	Deslizamento de Detritos	Danos materiais em carros de stand de automóveis.	RTP 2014 ³⁰
Mirandela, Bragança	4 de Janeiro de 2014	Deslizamento de Detritos	Evacuação de 6 habitações; Danos materiais em 6 habitações.	Correio da Manhã 2014 ³¹

Verifica-se assim que, para o mesmo período de tempo considerado no levantamento de movimentos de massa por todo o mundo, Portugal aparenta ter apenas um caso particularmente problemático, associado ao temporal que assolou a Madeira em 2010. Os demais registos aparentam não se aproximarem da mesma ordem de grandeza dos verificados em casos internacionais. No entanto, é necessário salientar que problemas deste tipo existem na mesma, sendo que no ano de 2010 a Autoridade Nacional de Protecção Civil registou um total de 648 deslizamentos, sendo destacados os distritos de Lisboa, Porto e Coimbra como principais focos de ocorrência (ANCP 2010). Sendo assim, a importância do estudo da possibilidade e tentativa de prevenção são focos de pensamento importantes a serem considerados aquando de qualquer atividade de licenciamento, construção ou execução de atividades em zonas de taludes potencialmente instáveis (Teixeira and Figueiredo 2006). Esta análise não deve ser feita unicamente em termos da fase de projeto, mas sim aquando da própria execução da atividade,

²⁵ <http://diariodominho.pt/conteudos/4122> (acedido em 12/03/2014)

²⁶ <http://www.cmjornal.xl.pt/noticia.aspx?channelid=00000021-0000-0000-0000-000000000021&contentid=F0E3C94F-9DDB-4D34-877B-7199B45DAA36> (acedido em 02/03/2014)

²⁷ http://port.pravda.ru/cplp/portugal/21-02-2010/28974-madeira_enxurrada-0/ (acedido em 03/06/2014)

²⁸ <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=635657&tm=8&layout=122&visual=61> (acedido em 03/06/2014)

²⁹ http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=3131161&seccao=Norte (acedido em 03/06/2014)

³⁰ <http://www.rtp.pt/noticias/index.php?article=707150&tm=8&layout=121&visual=49> (acedido em 02/03/2014)

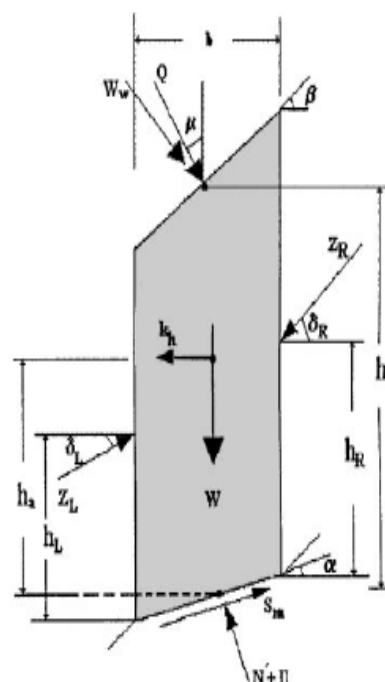
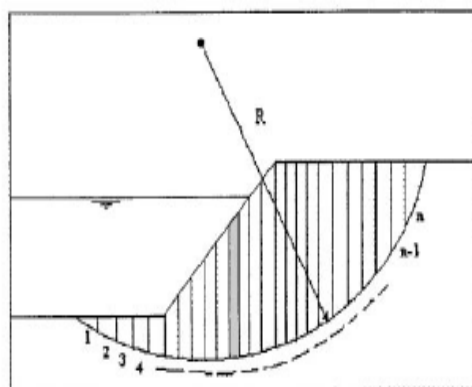
³¹ <http://www.cmjornal.xl.pt/detalhe/noticias/nacional/portugal/habitacoes-evacuadas-devido-a-deslizamento-de-terras> (acedido em 02/03/2014)

pois certas atividades, como é o caso da exploração mineira, ou da construção civil, são naturalmente mais suscetíveis à ocorrência de fenômenos de movimentos de massa, como é constatável pelo acidente mencionado na **Tabela 4**, de 24 de Agosto de 2009, no qual um trabalhador ficou temporariamente soterrado devido ao desabamento de um talude durante obras de construção no Hospital São João. Um outro exemplo que demonstra a magnitude e potencial destrutivo que movimentos de vertentes podem originar como um risco ocupacional é o caso presente mencionado na **Tabela 3** relativo ao desabamento da mina de cobre de Bingham, nos EUA. Esta ocorrência, que originou movimentos de volumes ‘na ordem das dezenas de milhões de metros cúbicos, demonstra o risco constante que atividades ocupacionais de movimentações e uso de solos intrusivos estão sujeitas, e como a dificuldade que por vezes surge em evitar a ocorrência, mesmo que esta seja prevista, como foi o caso deste exemplo (Pankow, Moore et al. 2014).

2.4 Metodologias de Análise de Instabilidade / Risco

A análise de instabilidade de taludes é um assunto de considerável complexidade, já que envolve a consideração de múltiplos e variados fatores influentes, sendo estes muitas vezes difíceis de avaliar e eles próprios influenciáveis por terceiros. Como tal, as metodologias de análise da instabilidade de taludes existentes, embora tenham por base a determinação do fator de segurança (F_s) através do estudo das suas forças ativas e de resistência, acabam por apresentar divergentes aproximações nos modelos sugeridos por estas para o efeito proposto (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000).

Pese embora este fato, existem atualmente 4 fundamentais metodologias diferentes que são aceites pela comunidade enquanto ferramentas viáveis para a análise de instabilidade em taludes (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Estas apresentam diferenças entre si, quer na conceptualização, modelo matemático ou forma de aplicação, o que posteriormente condiciona a sua fiabilidade, precisão e exigência de capacidade de computação. No entanto, todas consistem em modelos de cálculo numérico baseados na divisão de um talude num determinado número de fatias e a análise individual das forças que atuam em cada fatia. A base geral destas metodologias encontra-se representada na **Figura 22**. É necessário referir que a legenda contida na **Figura 22** é a mesma aplicável a cada uma das **Equações 1 a 5**.



Legenda:

F = Fator de Segurança	N' = Força Normal Efetiva	H _R = Altura de Z _R
S _m = Tensão de Corte Mobilizada	K _h = Coeficiente Sismico Horizontal	α = Inclinação da Base da Fatia
$S_m = \frac{c' \cdot h + N' \tan \phi}{F}$	μ = Ângulo de Inclinação da Carga Externa	β = Inclinação do Topo da Fatia
U = Pressão de Água nos Poros	Z _L = Força Inter-Fatias Esquerda	b = Largura da Fatia
W = Peso da Fatia	Z _R = Força Inter-Fatias Direita	h = Altura Média da Fatia
W _w = Força da Água Superficial	δ _L = Ângulo de Inclinação Z _L	h _a = Altura ao Centro da Fatia
Q = Sobrecarga Externa	δ _R = Ângulo de Inclinação Z _R	
	H _L = Altura de Z _L	

Figura 22 – Esquematização das forças que atuam num talude.
Adaptado de (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000)

2.4.1 Método Ordinário

O método Ordinário (ou das Fatias) é considerado como o método mais simples dos quatro que serão abordados. Este efetua o cálculo quer do equilíbrio das forças, quer dos seus momentos. No entanto, como simplificação assume que as forças inter-fatias são paralelas à base e consequentemente podem ser descartadas do cálculo (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Desta forma, o fator de segurança é expresso pela seguinte **Equação (1)**.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b \sec \alpha + [W \cos \alpha + Q \cos(\mu - \alpha) + W_w \cos(\beta - \alpha) + k_h W \sin n\alpha - U \cdot b] \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n (W + W_w \cos \beta + Q \cos \mu) \sin \alpha - \sum_{i=1}^n (W_w \sin \beta + Q \sin \mu) (\cos \alpha - \frac{h}{R}) + \sum_{i=1}^n k_h W (\cos \alpha - \frac{h_a}{R})} \quad (1)$$

2.4.2 Método de Bishop

O método de Bishop é um método relativamente semelhante ao método Ordinário, sendo que a principal diferença entre estes dois reside no fato do método de Bishop ser um método numérico iterativo. Este também se caracteriza por não contabilizar as forças inter-fatias, que são determinadas pelas suas forças normais efetivas (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Desta forma, o cálculo de F_s é dado pela seguinte **Equação (2)**, na qual é evidente a existência deste termo em ambos os lados da expressão, indicando a propriedade iterativa do método.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b \sec \alpha + [\frac{1}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}} [W - \frac{c' b \tan \alpha}{F} - U \cdot b + W_w \cos \beta + Q \cos \mu] \tan \phi']]}{\sum_{i=1}^n (W + W_w \cos \beta + Q \cos \mu) \sin \alpha - \sum_{i=1}^n (W_w \sin \beta + Q \sin \mu) (\cos \alpha - \frac{h}{R}) + \sum_{i=1}^n k_h W (\cos \alpha - \frac{h_a}{R})} \quad (2)$$

2.4.3 Método de Janbu

O método de Janbu consiste num método numérico que se baseia no cálculo de F_s por iterações, sendo estas baseadas na variação da força normal efetiva (N'). Neste caso, a determinação do fator de segurança engloba a o equilíbrio das forças existentes no talude, sendo que as forças inter-fatias são desprezadas e as forças normais são calculadas a partir da soma das forças verticais (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Por outro lado, esta metodologia não tem em conta o equilíbrio dos momentos das forças. A expressão numérica para o cálculo de FS é dada pela **Equação (3)**.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c'b \sec \alpha + [\frac{1}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}} [W - \frac{c'b \tan \alpha}{F} - ub \cos \alpha + W_W \cos \beta + Q \cos \mu] \tan \phi'] \cos \alpha]}{\sum_{i=1}^n (U.b \sin \alpha + Wk_h - W_W \sin \beta - Q \sin \mu)} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}} (W - \frac{c'b \sin \alpha}{F} - ub \cos \alpha + W_W \cos \beta + Q \cos \mu) \sin \alpha \quad (3)$$

2.4.4 Método de Spencer

O método de Spencer apresenta-se como a metodologia de análise de instabilidade de taludes com maior rigor, e consequentemente maior esforço de cálculo, já que considera tanto o equilíbrio das forças como o equilíbrio do momento das forças sem desprezar fatores. Este método é também iterativo, sendo representado pelas **Equações (4) e (5)**, respetivamente correspondentes ao equilíbrio das forças e o equilíbrio dos seus momentos (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Estas são simultaneamente iteradas até as suas resoluções atingirem valores dentro da tolerância aceitável aos valores conhecidos para estes parâmetros no limite.

$$Z_R = Z_L + \frac{FW \sin \alpha - c'b \sec \alpha - W \cos \alpha \tan \phi'}{\sin(\delta - \alpha) \tan \phi' - F \cos(\delta - \alpha)} + \frac{U.b \sec \alpha \tan \phi' + Wk_h(F - \tan \phi' \tan \alpha) \cos \alpha}{\sin(\delta - \alpha) \tan \phi' - F \cos(\delta - \alpha)} + \frac{Q[F \sin(\alpha - \mu) - \cos(\alpha - \mu) \tan \phi']}{\sin(\delta - \alpha) \tan \phi' - F \cos(\delta - \alpha)} + \frac{W_W[F \sin(\alpha - \mu) - \cos(\alpha - \mu) \tan \phi']}{\sin(\delta - \alpha) \tan \phi' - F \cos(\delta - \alpha)} \quad (4)$$

$$h_R = \frac{Z_L}{Z_R} h_L - \frac{Z_L}{Z_R} \frac{b}{2} \tan \alpha + \frac{Z_L}{Z_R} \tan \delta \frac{b}{2} + \frac{b}{2} \tan \delta - \frac{b}{2} \tan \delta + \frac{hW_W \sin \beta}{Z_R \cos \delta} + \frac{hQ \sin \mu}{Z_R \cos \delta} - \frac{h_a k_h W}{Z_R \cos \delta} \quad (5)$$

2.4.5 Entraves à Análise de Instabilidade e Soluções

Embora as metodologias apresentadas tenham vindo a demonstrar sucesso considerável e sejam atualmente aceites como ferramentas viáveis para a análise de instabilidade de taludes, um dos principais argumentos que reduz a utilidade destas é a consideração de grande parte dos seus parâmetros como valores fixos específicos, quando estes na realidade são aleatórios (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000). Isto significa, portanto, que embora o fator de segurança calculado num dado momento considerando um determinado conjunto de propriedades e características de um talude possa efetivamente ser o mais próximo da realidade, a constante mutabilidade e elevada variabilidade destes ditos fatores que influenciam a sua instabilidade acabam por atribuir um fator probabilístico/de indeterminação ao resultado que pode ser inaceitável ou simplesmente inútil. Como tal, novas ferramentas e metodologias têm vindo a ser desenvolvidas e adoptadas, no sentido de conferir aos métodos de cálculo de F_s um carácter de determinação de probabilidade e frequência que tão crucial é na análise de risco.

2.5 Metodologias e Tecnologias de Estabilização

Dada a problemática sempre presente ao longo da história relativa à instabilidade de taludes e as suas consequências, o ser humano tem vindo a desenvolver um conjunto de tecnologias e medidas que visam a promoção da estabilidade de um dado talude. Estas passam por, como previamente constatado, medidas preventivas e organizacionais, como é o caso de regulamentos e legislação adotados, planos de ocupação e gestão do território e ainda metodologias de análise e classificação de risco, assim como medidas interventivas e corretivas sobre o próprio talude, que podem ser a nível da alteração da sua morfologia, artifícios que promovam a sua coesão ou a aplicação de dispositivos analíticos que permitam identificar potenciais problemas. Tal como em qualquer outra atividade associada à possibilidade da instabilidade de taludes, uma análise rigorosa deve ser feita, de forma a inferir qual o melhor tipo de intervenção (Selby, 1986, Abramson, 2002, Dias et al., 2006, Springer, 2006, Pereira et al., 2007).

Devido à elevada variabilidade de propriedades e características que definem cada talude singular, o próprio número e tipologia das medidas de estabilização existentes é também variado, de acordo com a adequabilidade de uma dada tecnologia ao talude em questão. Em seguida são apresentadas algumas das mais comumente aplicadas tecnologias de estabilização de taludes, que serão agregadas de acordo com o seu principal efeito.

2.5.1 Re-taludamento

Como o próprio nome indica, uma atividade de re-taludamento consiste numa reconstrução total ou pelo menos parcial da morfologia do talude, de forma a que as suas propriedades estruturais e geofísicas – normalmente a inclinação, altura e comportamento geo-mecânico, sejam mais

estáveis, como é observável pelas **Figuras 23³² e 24³³**. Este tipo de intervenções é feito por atividades de corte e/ou enchimento e é caracteristicamente frequente de ser aplicado em atividades antrópicas de construção civil e exploração de minas, aterros e pedreiras (Alejano, Pons et al. 2007).

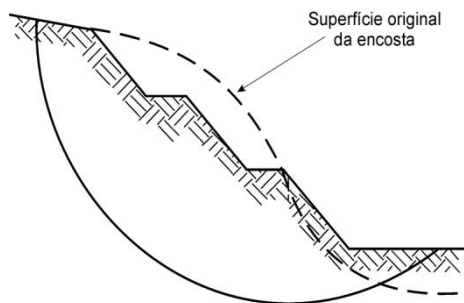


Figura 23 – Operações de corte num talude - esquema.



Figura 24 – Talude após operações de corte.

Este tipo de atividades requerem frequentemente a necessidade de utilizar maquinaria de elevada potência, o que por sua vez implicam problemas ambientais como ruídos intensos e emissões de poeiras. Par além disto, este tipo de atividades, de acordo com a dimensão da obra, podem exigir a necessidade de elevadas quantidades de matérias primas, áreas disponíveis para as operações e transporte de materiais e avultados consumos energéticos (Jones 1991). Menciona-se ainda que normalmente este tipo de intervenções não é executado exclusivamente, sendo acompanhado de outras medidas de tratamento superficial como o revestimento superficial por vegetação ou por materiais impermeáveis, assim como a instalação de sistemas de drenagem. (Turner and Schuster 1996).

2.5.2 Tratamento Superficial

Tratamento superficial consiste na aplicação de um determinado material à superfície do talude, de como forma preventiva de combater os fatores dinâmicos que influenciam a instabilidade deste. Desta forma, este tipo de tratamento pode passar por questões como a aplicação de vegetação de forma a aumentar a coesão do solo; a implementação de materiais impermeáveis para impedir a infiltração de água no corpo do talude; a remoção de potenciais sobrecargas existentes neste, ou ainda a aplicação de materiais rochosos/terrosos que integrem a constituição do talude e contribuam para o aumento da resistência do corpo a movimentos de massa (Chowdhury 1978, Turner and Schuster 1996).

2.5.3 Estruturas de Contenção

Estruturas de contenção são fundamentalmente intervenções antrópicas baseadas na aplicação de construções adicionais e externas ao talude, no sentido de garantir manutenção da sua estabilidade, ou pelo menos minimizar as consequências que podem resultar da instabilidade deste. Estas variam quer nas suas formas, aplicação ou efeitos, sendo dependentes da composição e morfologia de um talude. Assim sendo, algumas estruturas de contenção são mais adequadas a taludes terrosos que a taludes rochosos. No entanto, os efeitos destas intervenções

³² http://deflor.com.br/portugues/solucoes_taludes.html (acedido 12/03/2014)

³³ http://www.ofitexto.com.br/conteudo/deg_230686.htm (acedido 12/03/2014)

possuem um rumo em comum, promovendo a estabilidade do talude através do aumento da sua coesão ou da sua resistência geomecânica (Jones 1991, Turner and Schuster 1996).

a) Redes Metálicas

Consistem fundamentalmente em redes de materiais resistentes cujo principal objetivo é o de impedir a queda de porções do talude que se desprendam ou estejam na eminência de cair. Normalmente é um tipo de medida de contenção que se faz acompanhar de técnicas de ancoragem no talude.



Figura 25 - Exemplo da aplicação de redes metálicas em taludes.

Não garante a coesão do talude, já que o material se rompe na mesma, mas impede a movimentação que poderia ter consequências prejudiciais. É principalmente aplicada a taludes de composição rochosa, e em localizações tais como junto a auto-estradas e outras vias públicas – **Figura 25**³⁴ (Gray and Leiser 1982).

b) Muros de Arrimo

Os muros de arrimo são tipos de muros que servem o mesmo propósito e possuem diferentes constituição. Estes têm como principal objetivo o de funcionar como suporte adicional às cargas e forças a que o talude está sujeito, de forma a aumentar a resistência deste ao movimento (Gray and Leiser 1982, Keller and Sherar 2003). Embora os muros de arrimo não fossem mais do que um muro formado por rochas empilhadas no passado (**Figura 26**³⁵), novos tipos de muros têm vindo a ser desenvolvidos gradualmente (Caputo 1988). A forma de construção destes muros, assim como a sua própria constituição é variada, sendo que no presente trabalho são distinguidas 3 principais tipologias.



Figura 26 – Exemplo de um muro de arrimo.

i. Gaviões

Os gaviões distinguem-se como estruturas compostas por arame organizado em forma de caixas ou “gaiolas” preenchidas com brita ou outras rochas de granulometria semelhante, formando blocos que são posteriormente dispostos formando um muro de contenção (**Figura 27**³⁶) (Gray and Leiser 1982). Os gaviões são estruturas de contenção de utilidade variável, sendo utilizados como meios estruturantes principalmente para a proteção superficial de encostas e nas taludes

³⁴ <http://www.refer.pt/Portals/0/Figura3.jpg> (acedido em 12/03/2014)

³⁵ http://www.dicionario.pro.br/index.php/Muro_de_arrimo (acedido em 12/03/2014)

³⁶ http://www.weldgrip.com/images/gabions_mesh/large/front3.jpg (acedido em 12/03/2014)

que compõem as margens de alguns rios e outros cursos de água (**Figura 28**³⁷). Estas estruturas de contenção acabam por ser uma solução frequentemente usada, devido aos baixos custos e simplicidade construtiva associada (Jones 1991, Keller and Sherar 2003).



Figura 27 – Gaviões.



Figura 28 - Utilização de gaviões na proteção de taludes.

ii. *Crib-Walls*

As *crib-walls*, à semelhança dos gaviões, consistem em estruturas unitárias que podem ser organizadas de forma a originar um muro de contenção (**Figura 29**³⁸). São estruturas de betão armado que posteriormente devem ser “enchidas” por material rochoso, de forma a simultaneamente garantir a morfologia e estrutura desejada, enquanto que adquirem uma maior massa e consequente resistência ao movimento (Gray and Leiser 1982). Também a semelhança dos gaviões, ainda que seja uma questão influenciada pelo seu material de enchimento, as *crib-walls* são estruturas cuja capacidade de drenagem é bastante elevada. Ora, esta questão acaba por ser vantajosa em casos nos quais a acumulação e infiltração de água é um fator contributivo para a instabilidade dos taludes, no sentido em que este tipo de estruturas evita a necessidade em instalar sistemas adicionais de drenagem (Keller and Sherar 2003).



Figura 29 - Crib-walls.

³⁷ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Aa_cesterzoo_gabions.jpg (acedido em 12/03/2014)

³⁸ <http://www.roadtraffic-technology.com/contractors/infrastructure/phi-group/phi-group4.html> (acedido em 12/03/2014)

iii. Muros de Betão

Os muros de betão armado consistem numa tipologia de muro de arrimo que se baseia unicamente numa estrutura sólida e monolítica capaz de suportar as cargas do talude e desta forma garantir a sua estabilidade (Gray and Leiser 1982). Para que isto suceda de forma eficaz, normalmente o muro de betão possui uma parte interior de morfologia específica e diferente dos restantes tipos de estruturas de contenção, que fica enterrada no solo, conferindo-lhe estabilidade adicional (**Figura 30**³⁹) (Keller and Sherar 2003). Sendo o muro de betão uma estrutura fundamentalmente impermeável, a necessidade da implementação de um sistema de drenagem que acompanhe esta estrutura é essencial, já que a ausência de tal sistema levaria a elevação do nível freático no talude que geraria uma pressão hidráulica incapaz de ser suportada pelo muro.

Adicionalmente, a instalação de um muro de betão por vezes é acompanhada por um outro método de promoção da estabilidade de taludes, nomeadamente a afixação de ancoragens no maciço (**Figura 31**⁴⁰), que constituem integralmente o muro. Por vezes, ainda, encontram-se acopladas sondas sismográficas a estas ancoragens, que contribuem para a predição e prevenção de movimentos de massa (Springer 2006). No entanto, este tipo de metodologias traz a vantagem que é inerente às ancoragens, nomeadamente a diminuição da sua eficiência caso ocorram mudanças espaciais e morfológicas no talude.

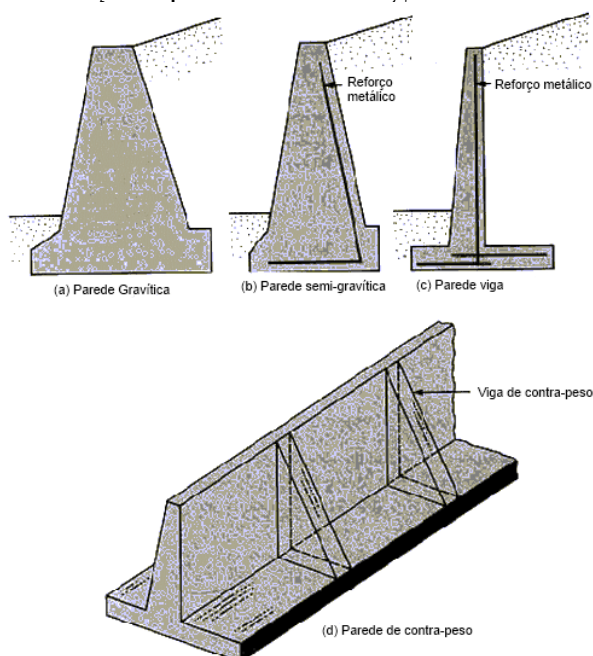


Figura 30 - Muros de Betão.

Adaptado de (Gray and Leiser 1982)

c) Ancoragens

As técnicas de ancoragem consistem na inserção em profundidade no talude de tirantes, cujo objetivo consiste na ligação/coesão de zonas desagregadas do talude ao seu corpo maciço, numa tentativa de distribuir as forças que influenciam o seu equilíbrio e impedir os movimentos de massas. Isto é feito através da injeção de cimento pelos tirantes após a sua inserção, que solidifica e agrega as barras metálicas ao maciço. Desta forma, constata-se que este tipo de tecnologias de estabilização são mais adequadas para taludes rochosos que formações desagregadas. As ancoragens encontram-se associadas a forças normalmente entre os 150 e os 1000 kN, sendo que os seus mecanismos e equipamento implicam custos consideráveis. Por sua vez, tal fato implica que a sua densidade de inserção seja relativamente reduzida (Springer 2006). Normalmente a execução de ancoragens implica a instalação das chamadas cortinas de



Figura 31 - Muros de betão com ancoragens.

³⁹ Adaptado de http://www.concretenetwork.com/photo-gallery/site_26/concretenetwork-com-retaining-wall-diagram_71805/ (acedido em 12/03/2014)

⁴⁰ <http://www.elevogroup.com/pt/portfolio/linha-do-sul/> (acedido em 12/03/2014)

ancoragem (**Figura 32**). Como anteriormente mencionado, estas consistem em painéis de betão armado ligados a ancoragens que são instalados à superfície do talude. Para que este tipo de técnicas de contenção seja eficaz, é necessário que o talude possua profundidade suficiente para que a ancoragem seja aplicada numa porção do corpo estável e ao ângulo mais adequado, o que por sua vez exige que os tirantes possuam um comprimento normalmente substancial, e sejam ainda resistentes a problemas como a ferrugem e a fragilização, fatores que podem levar à inutilização da obra (Springer 2006). Na **Figura 32** é possível observar a distribuição das forças do talude em obras de ancoragem, a qual se distribui uniformemente ao longo de toda a distância do tirante, e tem como ponto de atuação a parede de betão. Esta figura permite constatar o efeito a que estes tirantes se encontram constantemente sujeitos, após a sua instalação (Dias, Sayão et al. 2006).

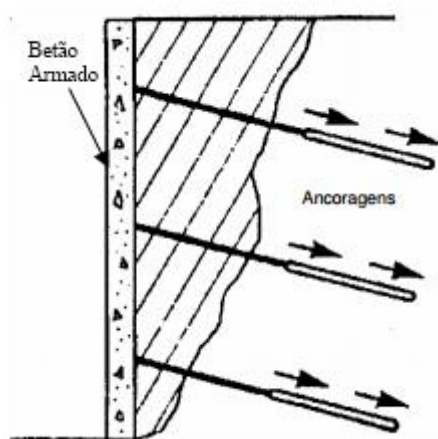


Figura 32 - Distribuição de forças em cortinas ancoradas.
Adaptado de (Springer 2006)

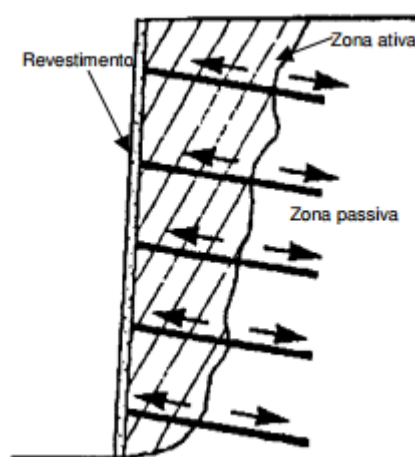


Figura 33 - Distribuição de forças em pregagens.
Adaptado de (Springer 2006)

d) Pregagens

As técnicas de pregagem apresentam algumas semelhanças com as técnicas de ancoragem, no sentido em que estas implicam também a inserção no talude de tirantes, cujo objetivo passa pela distribuição das forças do talude de forma a melhorar a estabilidade deste. No entanto, existem algumas diferenças fundamentais. Os tirantes utilizados para estas técnicas são dimensionados para menores forças (5 a 10 kN) e também menores profundidades (Springer 2006). Tal deve-se ao fato de que no caso desta técnica, o objetivo é garantir a coesão entre os componentes do maciço através de dispositivos que promovem uma espécie de ligação entre estes. Neste caso, a distribuição de forças não é constante mas sim variável ao longo do tirante, sendo máxima no ponto de divide as duas massas ligadas – o centro do tirante (**Figura 33**). Devido a este fator, a densidade de tirantes aplicada em pregagens é bastante superior à das ancoragens, o que simultaneamente reduz os custos de produção por unidade, a perda de eficácia da técnica em caso de rutura de um destes elementos e a necessidade de imobilizações para reparação de eventuais danos (Dias, Sayão et al. 2006). Adicionalmente, ao passo que o caso das ancoragens não exigem a necessidade de deformações no maciço, as pregagens implicam essa necessidade, ainda que estas sejam bastante pequenas.

e) Drenagem

Tal como já discutido, um dos principais fatores influentes na estabilidade de taludes é a água. A existência de elevadas quantidades de água a escoarem na superfície de um talude contribuem para a erosão e transporte dos seus constituintes, podendo originar movimentos de massa como

deslizamentos de lamas (Cruden and Varnes 1996, Abramson 2002). Por outro lado, também a infiltração de elevadas quantidades de água no interior de um talude e o aumento do seu nível freático pode ser um fenômeno com consequências igualmente catastróficas, atingindo zonas de anisotropia por onde podem ocorrer movimentos de massa, ou simplesmente destabilizar o talude ao ponto deste entrar em colapso (Robinson and Spieker 1978).

Como tal, a implementação de sistemas de drenagem, que permitam o escoamento facilitado da água, quer pela superfície, quer em profundidade, do interior para o exterior do talude é uma questão extremamente pertinente (Bateira 2001, Abramson 2002). Desta forma, existem múltiplos sistemas e abordagens para que este objetivo seja cumprido. Estas podem ser fundamentalmente divididas de acordo com o tipo de drenagem que se pretende fazer, seja esta superficial ou em profundidade.

i. Drenagem Superficial

A aplicação de sistemas de drenagem superficial tem como principal objetivo o de reduzir o impacto que a água tem em termos erosivos na superfície de um talude, e também o de impedir que esta se infiltre em profundidade neste (Abramson 2002). Como tal, os sistemas de drenagem superficiais caracterizam-se geralmente pela existência de caminhos preferenciais ao escoamento desta, encaminhando-a para longe do talude, normalmente, mas não exclusivamente, por força gravítica (Pohll, Carroll et al. 2013). Estes sistemas são assim constituídos por um circuito de canalização, valetas, calhas, etc, cuja disposição e dimensionamento é feito de forma a adequar-se aos escoamentos hidráulicos a que a superfície do talude se encontra sujeita – **Figura 34**⁴¹ (Abramson 2002, Keller and Sherar 2003). Como tal, propriedades como a inclinação, forma, materiais constituintes, disposição espacial, etc, são dimensionadas de forma a garantir que o sistema é capaz de captar com eficiência a água, e encaminhar esta adequadamente, garantindo um caudal de escoamento suficiente sem no entanto implicar energias exacerbadas, que caso contrário contribuiriam na mesma para os processos de erosão do talude. Muitas vezes são implementados sistemas drenantes e de escoamento com configurações elas próprias capazes de reduzir a velocidade e dissipar a energia do escoamento, como é o caso da **Figura 35**⁴² (Keller and Sherar 2003).



Figura 34 - Calhas de drenagem superficial transversais e longitudinais.



Figura 35 - Sistema de drenagem superficial dissipador de energia (escadas de água).

⁴¹ <http://geofoco.com.br/blog/page/2> (acedido 12/03/2014)

⁴² <http://deflor.com.br/produtos-2/sistema-de-drenagem/> (acedido 12/03/2014)

ii. Drenagem em Profundidade

A drenagem em profundidade, como o próprio nome indica, consiste no conjunto de mecanismos aplicados para a remoção da água infiltrada no interior do talude, reduzindo assim os efeitos de erosão e meteorização que esta exerce ao entrar em contacto com os componentes no talude, assim como a pressão hidráulica que o nível freático existente exerce (Abramson 2002, Pohll, Carroll et al. 2013). Esta técnica é geralmente aplicada em conjunto com a drenagem superficial, já que uma percentagem considerável de toda a água que percola no talude é proveniente de origens externas e da superfície.

Os sistemas de drenagem aplicados podem ser designados de forma geral por horizontais e verticais.

iii. Sistemas de Drenagem Sub-Horizontal Profunda

Consiste numa tipologia de drenagem caracterizada por, como o próprio nome indica, tubos de drenagem perfurados, normalmente compostos por PVC, que são inseridos em profundidade no talude geralmente a inclinações sub-horizontais, promovendo a drenagem de águas infiltradas circulantes no corpo do talude, baixando assim o nível freático deste (**Figura 36**) (Abramson 2002, Pohll, Carroll et al. 2013). Tal como outros sistemas drenantes em profundidade, estes encontra-se associados a uma camada de geotêxtil que funciona como meio filtrante, e podem ou não ser acoplados a mecanismos de bombagem, caso se justifique. (Pohll, Carroll et al. 2013) sugerem que este acaba por ser um dos tipos de sistemas de drenagem de maior eficácia para a promoção da estabilidade de um talude, visto promoverem a drenagem não só da água que é captada superficialmente como aquela que se desloca pelo interior do aquífero e é capaz de provocar instabilidade. Verifica-se que este tipo de sistema é apenas eficaz quando aplicado a baixas altitudes, ou seja, na base do talude, abaixo da zona vadosa, já que esta localização é a que melhor permite a captação da água que escoar por este em qualquer momento, já que se situará sempre abaixo da linha piezométrica característica. Adicionalmente, constata-se que a própria disposição, ângulo, comprimento e quantidade dos tubos drenantes que devem ser instalados é variável, sendo necessário procurar um meio termo entre a eficiência da drenagem e a forma como a estabilidade física do talude é afetada pela inserção destes elementos (Pohll, Carroll et al. 2013).

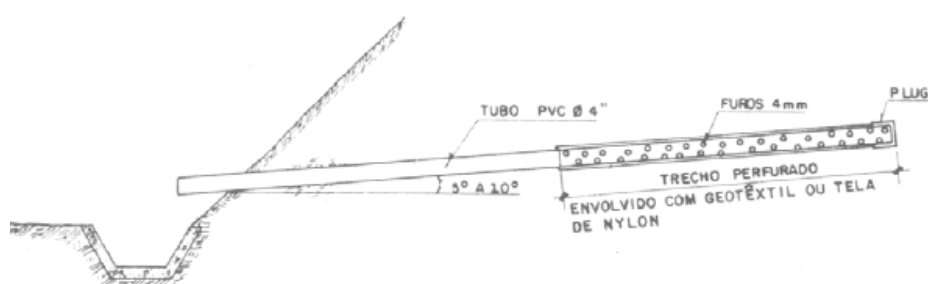


Figura 36 - Esqueatização de um sistema de drenagem sub-horizental.

iv. Sistemas de Drenagem Vertical

Os sistemas de drenagem vertical podem ser associados a sistemas de drenagem vertical por bombagem. Estes implicam a utilização de sistemas análogos aos da drenagem horizontal, mas dispostos na vertical e acoplados a bombas hidráulicas. Estes são normalmente aplicados em circunstâncias associadas a volumes bastante elevados de água drenada que impossibilita a sua remoção da zona numa relação custo-eficácia inviável (Abramson 2002).

No caso de serem sistemas de drenagem vertical gravítica, seja através de tubos ou valas drenantes, o conceito e funcionamento é semelhante: o da instalação de aberturas que funcionam

como caminhos preferenciais para o escoamento e percolação da água existente no talude, que atravessa o meio drenante e filtrante e é removida do talude. Por vezes estes sistemas encontram-se associados também a sistemas de drenagem horizontal que servem como pontos de adicionais captação da água drenada, promovendo o seu escoamento de forma célere (Abramson 2002).

A localização destes sistemas pode ser em qualquer local da superfície do talude, sendo que preferencialmente é localizada no topo ou perto deste, de forma a reduzir a escorrência da água superficial para o interior e utilizar a acção da gravidade nas operações de drenagem (Abramson 2002) – **Figura 37**. Constata-se também que este tipo de sistemas de drenagem é implementado em situações nas quais a topografia e morfologia do talude ou o próprio nível freático inviabilizam a aplicação de sistemas de drenagem horizontais (Abramson 2002).

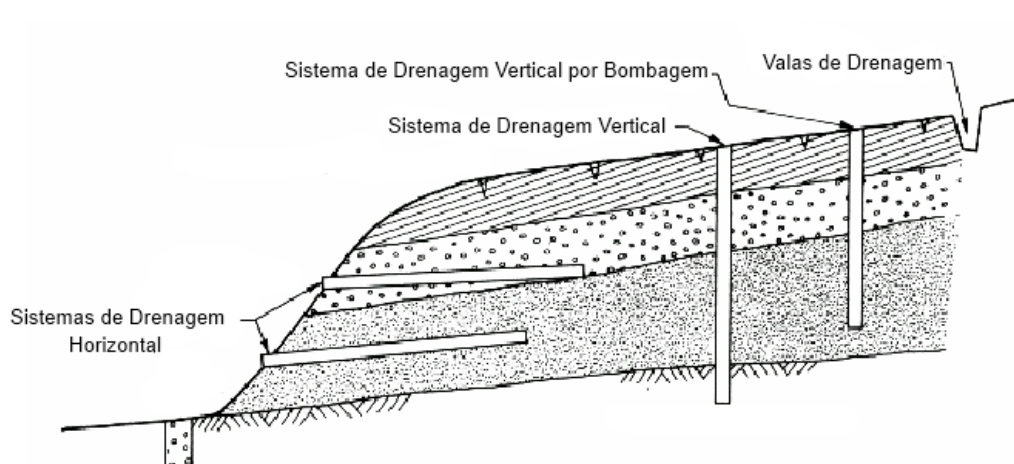


Figura 37 - Sistemas de Drenagem (esquema).

3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetivos da Dissertação

Em função do constatado, o objetivo principal do presente trabalho consiste em analisar e comparar diferentes Planos Directores Municipais de Portugal e a proposta de soluções capazes de promover um desenvolvimento mais adequado face ao risco de movimentos de vertentes.

Para tal, foram tidos como objetivos específicos os seguintes pontos:

- Determinar um conjunto de Municípios relevantes como grupo de análise dos respectivos PDM;
- Determinar as principais diferenças entre estes, assim como eventuais lacunas e incoerências existentes entre o Regulamento e a realidade;
 - No caso da existência de tais situações, caracterizar as mesmas;
- Determinar e proposta de possíveis melhorias aos PDM existentes.

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 Selecção dos Municípios

Para que seja possível concretizar os objetivos previamente propostos, pretende-se estabelecer um conjunto de procedimentos que o permitam com a eficiência necessária.

Em primeiro lugar, a determinação dos Municípios que se pretendem analisar é feita tendo por base a consideração de múltiplos fatores. Entre estes, distinguem-se os seguintes:

- Dimensão demográfica e habitacional – permite ter em conta a número de habitantes e consequentemente o potencial fator de exposição a este tipo de problemas, assim como providenciar uma análise comparativa à atenção apresentada pelos municípios com diferentes dimensões aos fenómenos em questão;
- Nível e tipo de ocupação antrópica – permite analisar a forma como os municípios efetuam o ordenamento do seu território de acordo com as principais atividades económicas e antrópicas para que este é utilizado;
- Propriedades geológicas e geotécnicas – permite determinar quais as zonas e localizações mais propícias à ocorrência deste tipo de fenómenos naturalmente;
- Histórico da ocorrência de fenómenos associados à instabilidade de taludes e movimentos de massa – também associado à frequência e probabilidade de ocorrência deste tipo de fenómenos;
- Localização geográfica e importância do local – permite uma análise quanto à influência de pressões externas e a consequente importância dada à estabilidade de taludes nestas condições.

Feita esta seleção, é feita uma caracterização quanto a estas principais propriedades referidas dos municípios selecionados.

Posteriormente, foram analisados em termos comparativos e individuais cada um dos instrumentos referentes aos municípios seleccionados, nomeadamente o seu Regulamento, e Plantas de Ordenamento e Condicionantes, juntamente com um contacto com as entidades responsáveis no sentido de adicionais esclarecimentos e aprofundamento da informação recolhida, caso necessário.

Após esta análise, e identificadas algumas potenciais lacunas ou diferenças, é feita uma análise no sentido de determinar as razões pelas quais estas existem.

Finalmente, de acordo com a informação recolhida e findo o processo de análise, procurou-se a determinação de algumas possíveis medidas de melhoria para os IGT analisados.

Esta metodologia aplicada durante a execução do presente trabalho encontra-se esquematizada na **Figura 38**.

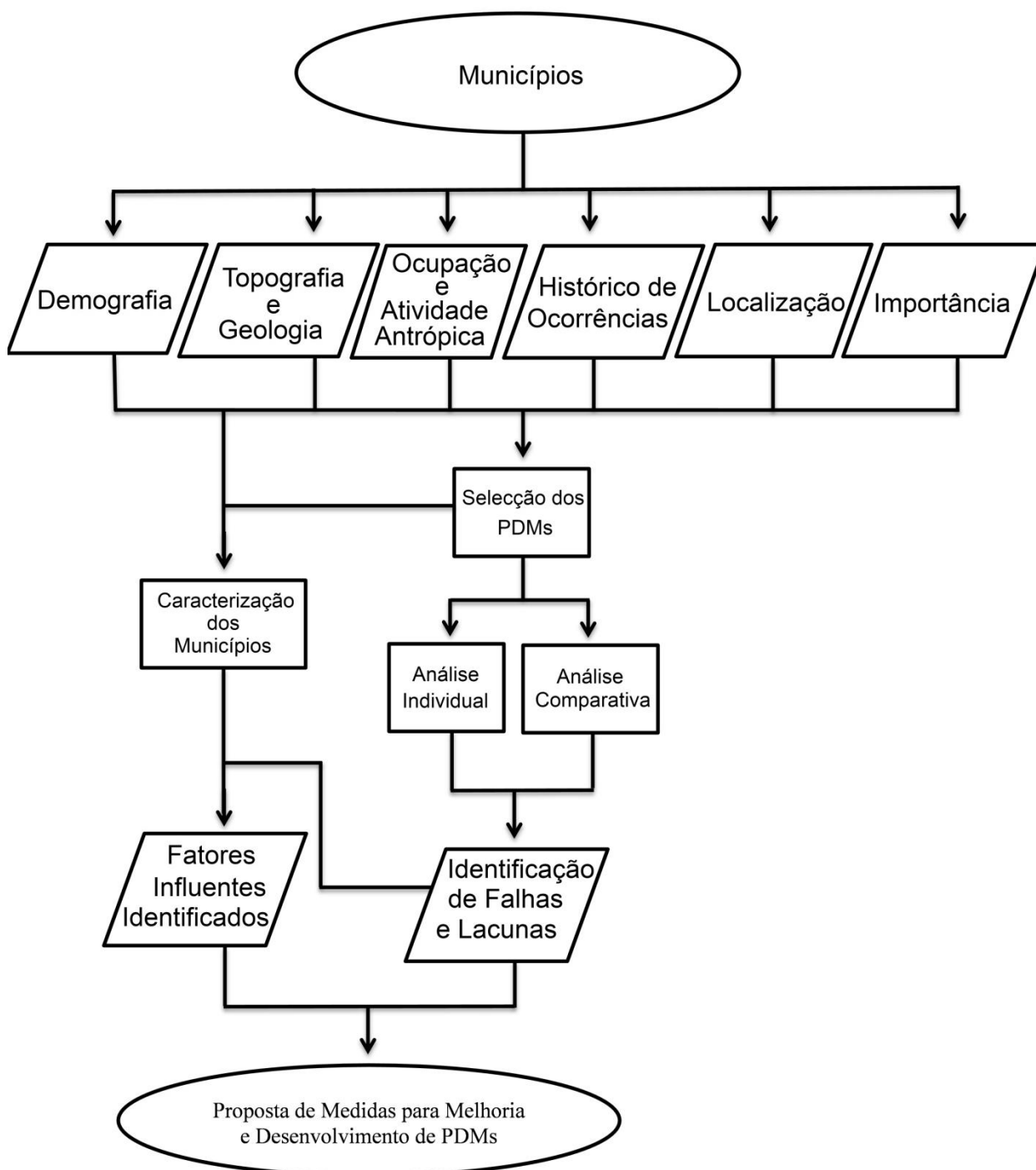


Figura 38 – Esquematização da metodologia aplicada.

3.2.2 Caracterização dos Municípios Seleccionados

Em função da análise efetuada de acordo com o planeamento especificado no capítulo dos Objetivos, Materiais e Métodos, procede-se assim a uma breve caracterização de cada um dos oito municípios seleccionados – Arcos de Valdevez; Gondomar; Lisboa; Maia; Matosinhos;

Porto; Póvoa de Lanhoso e Valongo, de forma a melhor contextualizar o que é exposto nos seus respetivos Regulamentos dos Planos Diretores Municipais.

Desta forma, foram extraídos alguns dos indicadores estatísticos considerados mais relevantes para uma apreciação geral do nível de urbanização e da dimensão da população no município: densidade populacional, população média anual residente, superfície, número de alojamentos familiares e edifícios licenciados, superfícies de uso de solo urbano e industrial identificados no PMOT e valores máximos e mínimos de altitude. Foram também utilizados os recursos geográficos disponibilizados pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE)⁴³, que permitem uma análise simples mas suficientemente próxima da realidade quanto à altitude e topografia das zonas. Adicionalmente, procurou-se também fazer uma breve pesquisa relativa à ocorrência de fenómenos de movimentos de massa em cada município.

a) Arcos de Valdevez

O município de Arcos de Valdevez é um município localizado no distrito de Viana de Castelo, na região Norte e sub-região do Minho-Lima. É caracterizado como um município relativamente pouco urbanizado, compreendendo uma área que ronda os 448 km². A densidade populacional atinge os 50 habitantes/km², sendo que em termos totais, a sua população é de 22 426 habitantes, segundo os dados mais recentes disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística. Adicionalmente, refere-se que esta população é distribuída por 17 389 edifícios de alojamento familiar clássico, tal como é evidenciado nas seguintes **Tabelas 5 e 6**.

Tabela 5 - Estatísticas de Arcos de Valdevez.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
50,1	22567,5	447,6	17389	101

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 6 - Estatísticas de Arcos de Valdevez (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
3379,1	86,3	1416	17

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

⁴³ <http://www.igeoe.pt/igeesig/> (acedido em 03/06/2014)

Adicionalmente, é possível verificar pela seguinte **Figura 39**⁴⁴ que Arcos de Valdevez apresenta uma topografia algo acidentada, no sentido em que apresenta altitudes consideravelmente elevadas, chegando a atingir um valor máximo de 1416 m, e uma variação topográfica frequente.

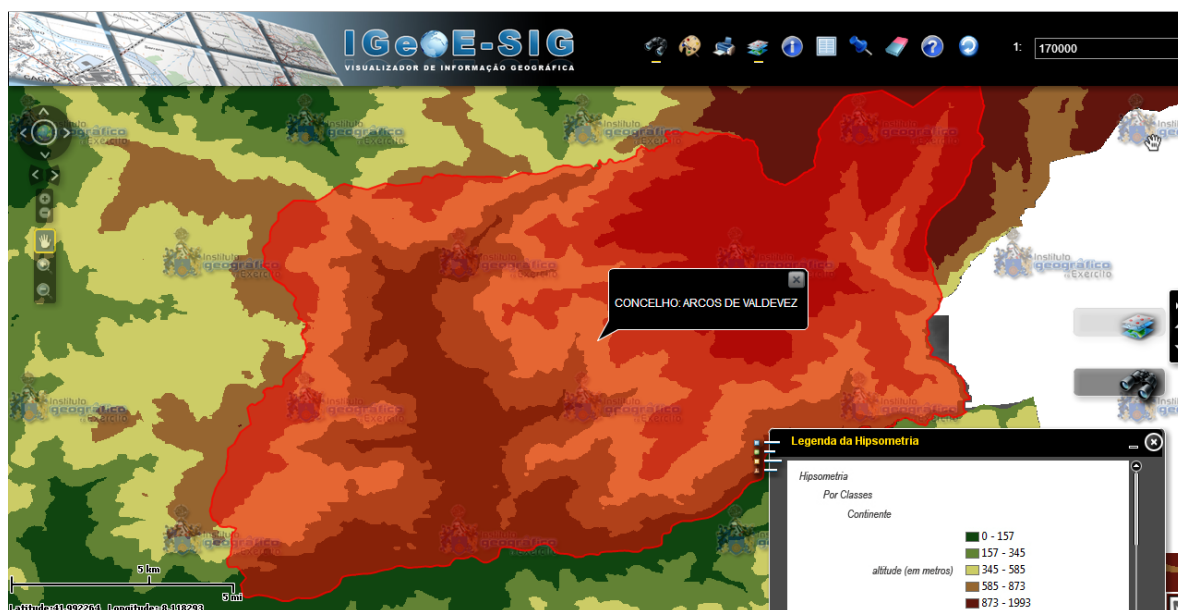


Figura 39 - Gráfico hipsométrico de Arcos de Valdevez (Escala 1:170000).

Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

Tais características, juntamente com alguns acidentes registados nesta localização associados a movimentos de massa, que se encontram apresentados na **Tabela 7**, justificam a importância em promover a inclusão de medidas perfeitamente definidas e orientadas no sentido da prevenção, no que toca à ocupação do território em zonas de vertentes.

Tabela 7 - Histórico de ocorrências em Arcos de Valdevez.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Vale, Ermelo e Soajo	22 a 24 de Outubro de 2013	Deslize de Lamas e Detritos	Bloqueio e obstrução de vias públicas.	Sol ^{45,46}
Soajo	26 de Janeiro de 2013	Deslize de Lamas e Detritos	Destruição de bens privados, bloqueio e obstrução de vias públicas e danos em outras infra-estruturas.	Local.PT ⁴⁷
Portela	Dezembro de 2000	Deslizamento de Terras	Destruição de bens privados e 5 habitações. 4 vítimas mortais.	Jornal de Notícias ⁴⁸

⁴⁴ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

⁴⁵ http://sol.sapo.pt/inicio/Sociedade/Interior.aspx?content_id=88826 (acedido em 27/04/2014)

⁴⁶

http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Viana%20do%20Castelo&Concelho=Arcos%20de%20Valdevez&Option=Interior&content_id=3494577 (acedido em 13/05/2014)

⁴⁷ <http://local.pt/portugal/norte/arcos-de-valdevez-deslizamento-de-de-terras-na-freguesia-de-soajo/> (acedido em 27/04/2014)

⁴⁸ http://www.jn.pt/Domingo/interior.aspx?content_id=1506907 (acedido em 13/05/2014)

b) Gondomar

O município de Gondomar é um município que se encontra enquadrado na Grande Área Metropolitana do Porto, pertencendo à região Norte e à sub-região do Grande Porto. Esta cidade ocupa uma área de cerca de 132 km², e caracteriza-se por possuir uma densidade populacional cujo valor ronda os 1 274 habitantes/km², o que implica uma população média anual de 168 016 habitantes. Embora seja um município relativamente diminuto, apresenta-se fortemente urbanizado, dedicando mais de 3000 ha de solo para uso urbano e mais de 300 ha de solo para uso industrial, conforme as **Tabelas 8 e 9**. Nesta mesma tabela, assim como na **Figura 40**⁴⁹, é possível constatar que este município apresenta uma topografia com variações relativamente baixas.

Tabela 8 - Estatísticas de Gondomar.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
1274,20	168016	131,86	73911	194

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 9 - Estatísticas de Gondomar (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
3665	331,60	470	6

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

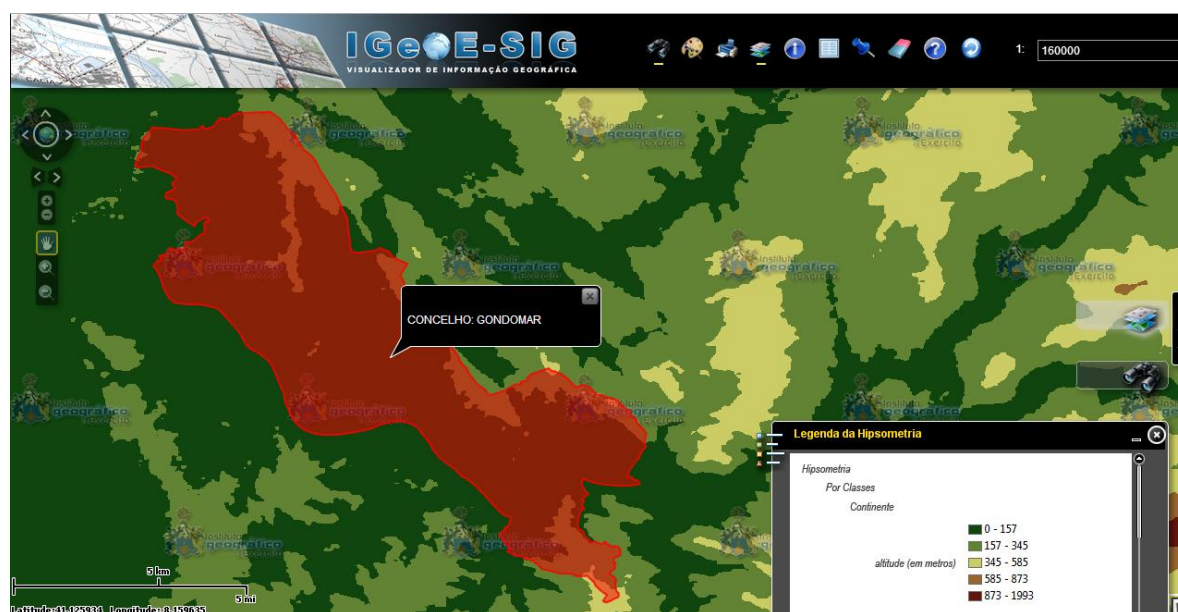


Figura 40 - Gráfico hipsométrico de Gondomar (Escala 1:160000).

Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

⁴⁹ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

Quanto à topografia de Gondomar, constata-se pela **Figura 40** que esta é pouco variante e associada a altitudes que não ultrapassam os 545 metros, sendo grande parte da sua área inferior a 157 metros. Não obstante deste fato, um breve levantamento do histórico de ocorrências de Gondomar revela que já sucederam alguns fenómenos de movimentos de massa no passado, estando estes predominantemente associados a climas de chuva intensa e contínua, de acordo com as fontes apresentadas na seguinte **Tabela 10**.

Tabela 10 - Histórico de ocorrências em Gondomar.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Rio Tinto	22 de Dezembro de 2012	Deslizamentos de terras	Destruição de bens privados, bloqueio e obstrução de vias públicas e danos em outras infra-estruturas.	Jornal de Notícias ⁵⁰
Rio Tinto	14 de Janeiro de 2010	Deslizamentos de terras	Destruição de infra-estruturas de abastecimento de águas	Jornal de Notícias ⁵¹
Rio Tinto	7 de Maio de 2006	Deslizamentos de terras	Destruição de bens privados e ressurgimento de sepulturas	Jornal de Notícias ⁵²

c) Lisboa

O município de Lisboa pertence à Região Centro e sub-região da Grande Lisboa, enquadrando-se na Grande Área Metropolitana de Lisboa. Caracteriza-se por ser um município associado a uma das maiores densidades populacionais de Portugal, que atinge os 6170 habitantes/km². Tal deve-se a esta ser uma zona cuja área total ronda os 100 km², e no qual o número médio anual de habitantes é de 530 847, para o ano mais recente em que esta informação está disponibilizada. Sendo considerada uma das cidades mais proeminentes do país, a o grau de urbanização deste município é bastante elevado, o que é constatado pela superfície total de uso do solo urbanizado, número de edifícios licenciados e número total de alojamentos familiares clássicos, que se apresentam na seguinte **Tabela 11**.

Adicionalmente, por observação da seguinte **Figura 41**⁵³ e dos dados relativos às variações de altitude observadas na **Tabela 12**, é possível constatar que a topografia desta zona, salvo alguns pontos específicos, é relativamente constante e pouco acentuada.

Tabela 11 - Estatísticas de Lisboa.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
6170,20	524282	84,97	323394	892

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

⁵⁰ http://www.jn.pt/PaginaInicial/Sociedade/interior.aspx?content_id=1453656&page=2 (acedido em 12/05/2014)

⁵¹ http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Gondomar&Option=Interior&content_id=1469330 (acedido em 12/05/2014)

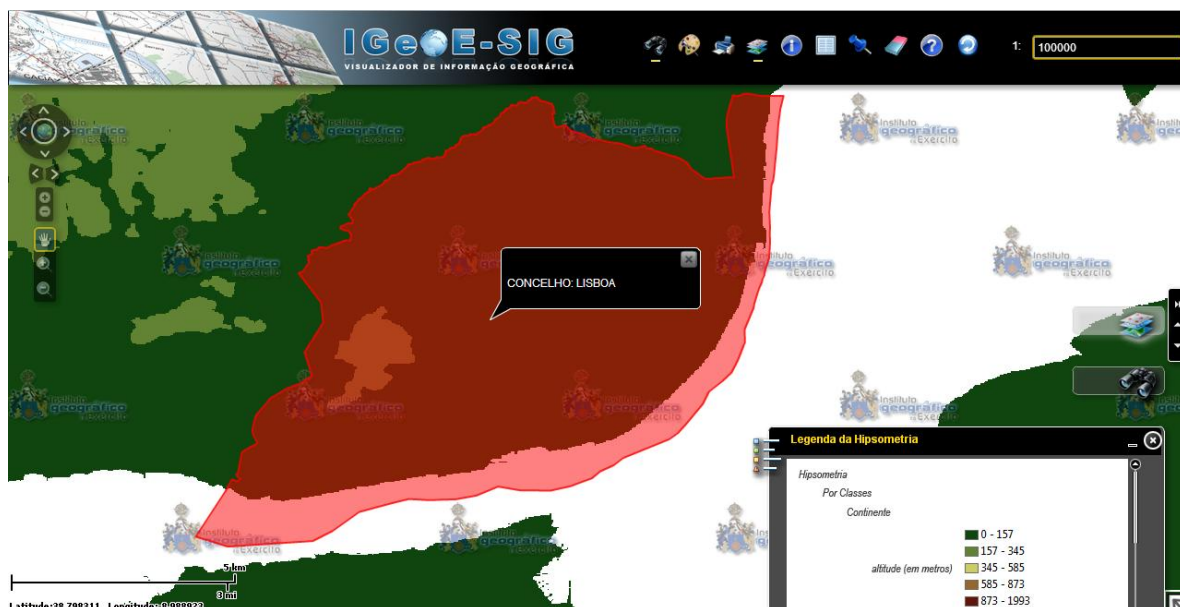
⁵² http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content_id=549255&page=1 (acedido em 12/05/2014)

⁵³ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

Tabela 12 - Estatísticas de Lisboa (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
4077,80	0	227	0

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

**Figura 41 - Gráfico hipsométrico de Lisboa (Escala 1:100000).**

Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

Adicionalmente apresenta-se na seguinte **Tabela 13** um pequeno conjunto de ocorrências associadas a este tipo de movimentos de massa em zonas de vertente em Lisboa, de forma a constatar se estes são frequentes e quais as suas gerais consequências, a fim de constatar se esta é uma zona altamente propícia à ocorrência deste risco ou não.

Tabela 13 – Histórico de Ocorrências em Lisboa.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Lisboa	25 de Outubro de 2013	Derrocadas	Destruição de bens privados, bloqueio e obstrução de vias públicas e danos em outras infra-estruturas.	Jornal de Notícias
Lisboa	19 de Fevereiro de 2012	Deslizamentos de Terra	Bloqueio e obstrução de vias públicas	Jornal de Notícias ⁵⁴
Lisboa	5 de Maio de 2010	Deslizamentos de Terra	Destruição e danos em habitações	Jornal de Notícias ⁵⁵
Sintra	26 de Janeiro de 2010	Deslizamento de Terras	Bloqueio e obstrução de vias públicas	Jornal de Notícias ⁵⁶

⁵⁴ http://www.jn.pt/PaginaInicial/Sociedade/interior.aspx?content_id=1788207 (acedido em 12/05/2014)

⁵⁵ http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Lisboa&Concelho=Lisboa&Option=Interior&content_id=1561617&page=2 (acedido em 12/05/2014)

Verifica-se então que Lisboa nos anos mais recentes sofreu ainda algumas ocorrências deste tipo, sendo que estas foram despoletadas por fenómenos de mau tempo, como chuvas intensas e prolongadas por períodos consideráveis, como já constatado por outros autores (Zêzere, Trigo et al. 2008, ANCP 2010).

d) Maia

Este município integra a Grande Área Metropolitana do Porto, pertencendo à região Norte e à sub-região do Grande Porto. A Maia constitui um município que compreende uma extensão de cerca de 83 km² nos quais se distribuem uma média anual de 136 017 habitantes, o que portanto implica uma densidade populacional média que ronda os 1639 habitantes/km².

O município da Maia apresenta ainda cerca de 60 019 alojamentos familiares, e um grau considerável de urbanização, sendo 3434 há do seu solo dedicados a uso do solo urbano e 717 há a uso do solo para fins industriais, como é observável pela **Tabela 14**.

Passando então para uma breve análise da topografia desta zona, verifica-se, pela **Tabela 15**, assim como pela seguinte **Figura 42**⁵⁷, que esta não é particularmente acidentada, possuindo um alcance de altitudes entre os 36 e os 254 metros, com uma área predominantemente dentro da classe de altitude dos 0 aos 157 m.

Tabela 14 - Estatísticas da Maia.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
1638,9	136017	82,99	60019	98

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 15 - Estatísticas da Maia (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
3434	717,40	254	36

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

⁵⁶

http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Lisboa&Concelho=Lisboa&Option=Interior&content_id=1478604&page=2 (acedido em 12/05/2014)

⁵⁷ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

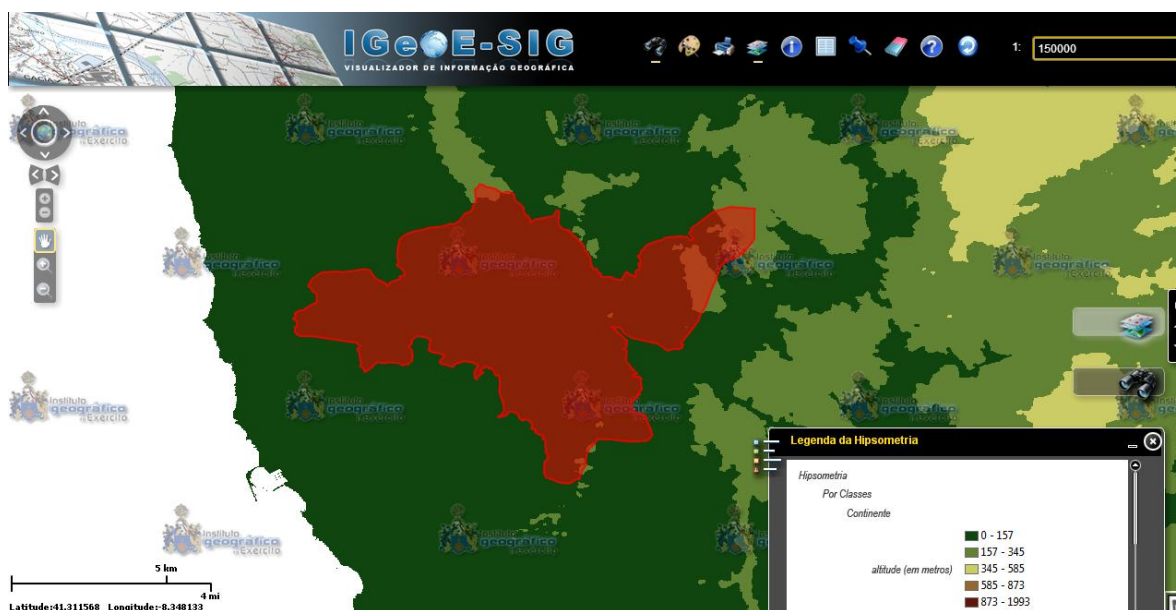


Figura 42 - Gráfico hipsométrico da Maia (Escala 1:150000).

Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

É necessário referir que foi feita uma pequena pesquisa relativamente ao histórico de ocorrências de fenómenos associados a movimentos de vertente da Maia, sendo que esta foi em vão. Durante esta apenas surgiram alguns fenómenos de desabamento de casas, que foram desprezados, já que se deveram ao mau estado e instabilidade das próprias estruturas dos edifícios, e não devido à instabilidade dos taludes que estes ocupavam. Desta forma é possível assim inferir que este município não apresenta uma grande propensão para ocorrências deste tipo.

e) Matosinhos

O município de Matosinhos, tal como os municípios de Gondomar, Maia, Porto e Valongo, insere-se na Grande Área Metropolitana do Porto, e pertence então à região Norte e à sub-região do Grande Porto. Este possui uma população média anual ligeiramente superior a outros municípios do Grande Porto, que ronda os 175 321 habitantes, de acordo com as estatísticas fornecidas pela Instituto Nacional de Estatística. Sendo uma zona com uma superfície aproximada de 62 km², a sua densidade populacional é considerável, rondando assim valores próximos dos 2809 habitantes/km².

Matosinhos é um município consideravelmente urbanizado. Tal pode ser inferido, por exemplo, pelo seu número de alojamentos familiares e hectares de solo alocados a uso urbano e industrial de acordo com o previsto no PMOT, como é possível constatar nas **Tabelas 16 e 17**.

Nesta mesma tabela, juntamente com a **Figura 43**⁵⁸ abaixo apresentada, é possível ainda observar a topografia da zona, que sendo predominantemente uma zona litoral, apresenta altitudes e inclinações bastante reduzidas, principalmente quando comparadas a outros municípios como Arcos de Valdevez.

⁵⁸ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

Tabela 16 - Estatísticas de Matosinhos.

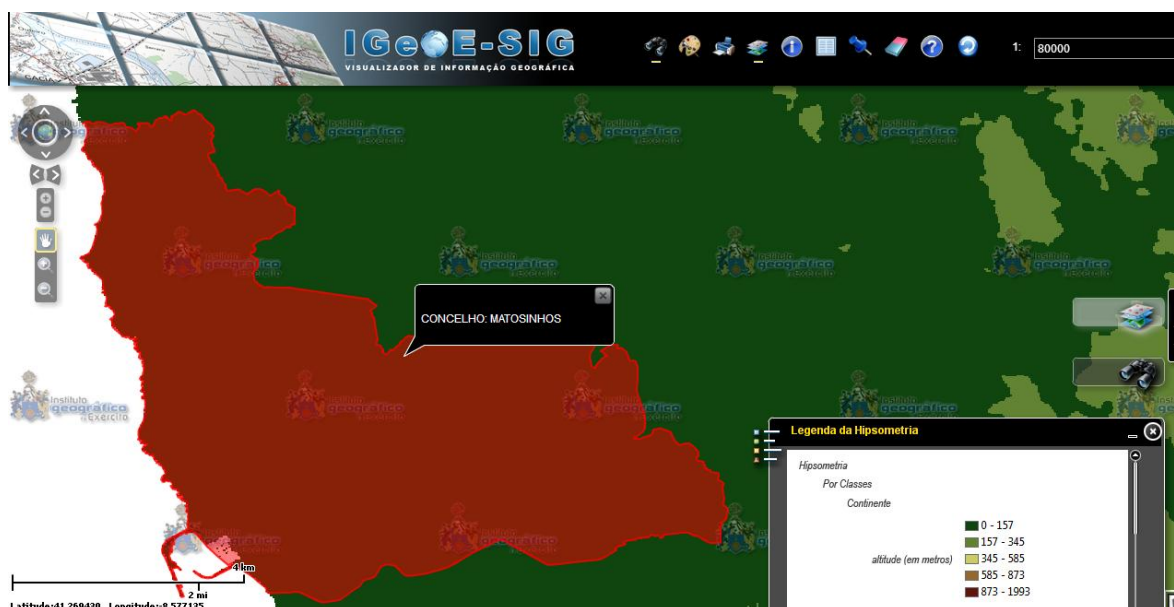
Densidade populacional (N.º/km²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
2808,70	175321	62,42	82694	149

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 17 - Estatísticas de Matosinhos (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
2608,90	872,50	132	0

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

**Figura 43 - Gráfico hipsométrico de Matosinhos (Escala 1:80000).**

Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

É necessário referir ainda que, à semelhança do município da Maia, foi feita uma pequena pesquisa relativamente ao histórico de ocorrências de fenómenos associados a movimentos de vertente em Matosinhos, sendo que esta foi em vão.

f) Porto

O Município do Porto constitui a capital do seu Distrito homónimo, estando localizado na Região Norte e na sub-região do Grande Porto. É um local densamente povoado, atingindo valores médios de 5 493 habitantes/km², o que se traduz numa distribuição média anual de 227 535 habitantes (em 2012), por uma superfície aproximada de 41 km².

Este município, à semelhança dos restantes municípios estudados que correspondem a zonas densamente povoadas, apresenta um grau de urbanização bastante considerável. Este pode ser constatado na **Tabela 18**, a qual demonstra dados como a ocupação do solo para usos urbano e industrial e ainda o número de alojamentos familiares que este possui, que são tudo estatísticas comparativamente elevadas.

À semelhança do que sucede com Matosinhos e Gondomar, na **Tabela 19**, juntamente com a **Figura 44**⁵⁹ abaixo apresentada, verifica-se que a topografia da zona é característica de uma zona predominantemente litoral, apresentando altitudes e inclinações reduzidas.

Tabela 18 - Estatísticas do Porto.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
5493,30	227535	41,42	138306	256

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 19 - Estatísticas do Porto (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
2855,40	142	155	0

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

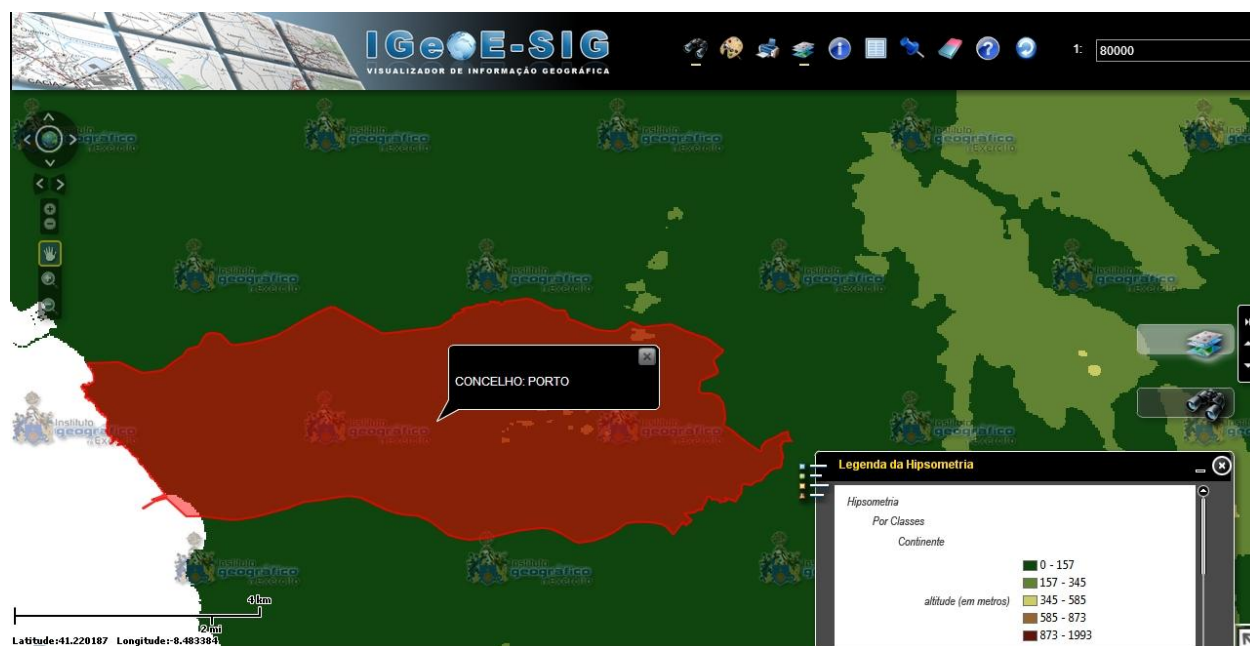


Figura 44 - Gráfico hipsométrico do Porto (Escala 1:80000). Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

⁵⁹ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

Na **Tabela 20** encontra-se um pequeno levantamento de alguns recentes eventos associados a movimentos de massa e as suas respetivas consequências, sendo de particular importância o problema do Bairro das Fontainhas, um exemplo real da má gestão do território municipal e da ocupação antrópica indevida e perigosa em zonas de risco de movimentos de massa em vertentes. A Autoridade Nacional de Protecção Civil revela também que uma parte considerável destas ocorrências é associada ao Distrito do Porto, sendo principalmente ocorrentes durante os períodos de Inverno, para o ano de 2010 (ANCP 2010).

Tabela 20 - Histórico de ocorrências do Porto.

Localização	Data	Tipo de Movimento	Danos	Fonte
Porto	17 de Abril de 2013	Aluimento	Destruição, bloqueio e obstrução de vias públicas	Jornal de Notícias ⁶⁰
Hospital S. João, Porto	24 de Agosto de 2009	Deslizamento de Detritos	Um ferido.	Jornal de Notícias ⁶¹
Bairro das Fontainhas, Porto	Dezembro de 2000	Derrocada	Destruição de habitações e bens privados, desalojamento e obrigação de relocação de cerca de 50 famílias.	Jornal de Notícias ^{62,63}

g) Póvoa de Lanhoso

O Município de Póvoa de Lanhoso consiste numa vila inserida no Distrito de Braga, na região do Norte e sub-região do Ave.

É semelhante a Arcos de Valdevez no sentido em que é uma zona relativamente rural, quando comparada com zonas mais urbanizadas como são os casos do Porto e de Lisboa, o que também é constatável pelas suas estatísticas demográficas. A sua densidade populacional circunda os 162 habitantes/km² (em 2012), traduzindo assim uma população média anual de 21 889 habitantes distribuídos por 135 km².

Em termos de urbanização e ocupação antrópica, verifica-se que a maior parte da sua área encontra-se associada a uso urbano, o que pode ser constatado quer pelas suas estatísticas de uso do solo para fins urbanos e industriais, quer das estatísticas referentes ao número de edifícios licenciados e alojamentos familiares existentes. Todas estas encontram-se explícitas nas seguintes **Tabelas 21 e 22**.

Em termos topográficos e geológicos, verifica-se que análogamente a Arcos de Valdevez, a zona de Póvoa de Lanhoso, situando-se no interior de Portugal, apresenta uma topografia considerada mais acidentada, possuindo altitudes consideravelmente elevadas e uma variação topográfica acentuada, à semelhança de Arcos de Valdevez. Isto pode ser comprovado pela seguinte **Figura 45**⁶⁴, assim como, por exemplo, pelo valor máximo de altitude que esta zona toma, que é de 737 metros.

⁶⁰

http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Porto&Option=Interior&content_id=3170809&page=1 (acedido em 13/05/2014)

⁶¹ http://www.jn.pt/multimedia/video.aspx?content_id=1343806 (acedido em 18/05/2014)

⁶² http://www.jn.pt/PaginaInicial/Sociedade/interior.aspx?content_id=1627631 (acedido em 18/05/2014)

⁶³ http://www.jn.pt/paginainicial/interior.aspx?content_id=924856&page=1 (acedido em 18/05/2014)

⁶⁴ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

Tabela 21 - Estatísticas da Póvoa de Lanhoso.

Densidade populacional (N.º/km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
162,60	21889	134,65	11821	68

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 22 – Estatísticas da Póvoa de Lanhoso (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
2251,30	145,70	737	50

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

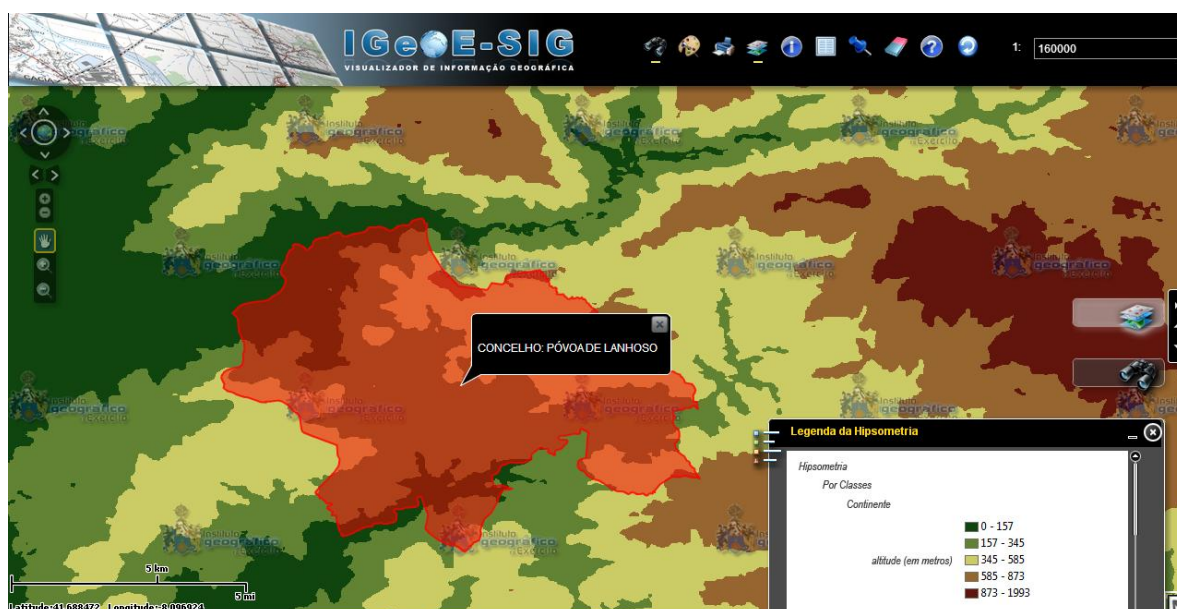


Figura 45 - Gráfico hipsométrico da Póvoa de Lanhoso (Escala 1:160000). Retirado de Instituto Geográfico do Exército.

Tal como no caso de outros municípios, uma breve pesquisa relativa à ocorrência de fenómenos de movimentos de massa em zonas de vertentes revelou-se infrutífera, sugerindo que ou a Póvoa de Lanhoso não possui grande propensão à ocorrência deste tipo de fenómenos, ou os registos de tais ocorrências são escassos.

h) Valongo

Valongo, tal como outros municípios considerados no presente trabalho pertencentes à Grande Área Metropolitana do Porto, é uma cidade pertencente à região Norte e à sub-região do Grande Porto, inserida no Distrito de mesmo nome. Valongo, mais à semelhança de Gondomar que da Maia e de Matosinhos, caracteriza-se por ser uma cidade orientada mais para o interior e por possuir uma densidade populacional relativamente baixa face a outros municípios do Porto, alcançando um valor de 1263 habitantes/km². Este valor representa então a distribuição de 94

884 habitantes por uma área de cerca de 75 km², o que torna Valongo o município pertencente ao Porto de menor superfície e número de habitantes, de entre os considerados.

No entanto, esta diferença não origina qualquer tipo de problema no que toca ao seu grau de urbanização, que se aproxima bastante dos demais municípios do Porto, como pode ser observado pelas seguintes **Tabelas 23 e 24**. Nestas figuram também os valores disponibilizados de alojamentos familiares e edifícios licenciados, que acabam por corroborar a afirmação prévia.

Tabela 23 - Estatísticas de Valongo.

Densidade populacional (N.º/ km ²)	População média anual residente (N.º)	Superfície (km ²)	Alojamentos familiares clássicos (Parque habitacional - N.º)	Edifícios licenciados (N.º)
1263	94884	75,12	40640	89

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

Tabela 24 - Estatísticas de Valongo (continuação).

Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Superfície de uso industrial do solo identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)
2272,10	554,60	383	50

Instituto Nacional de Estatística (dados disponibilizados para o ano de 2012)

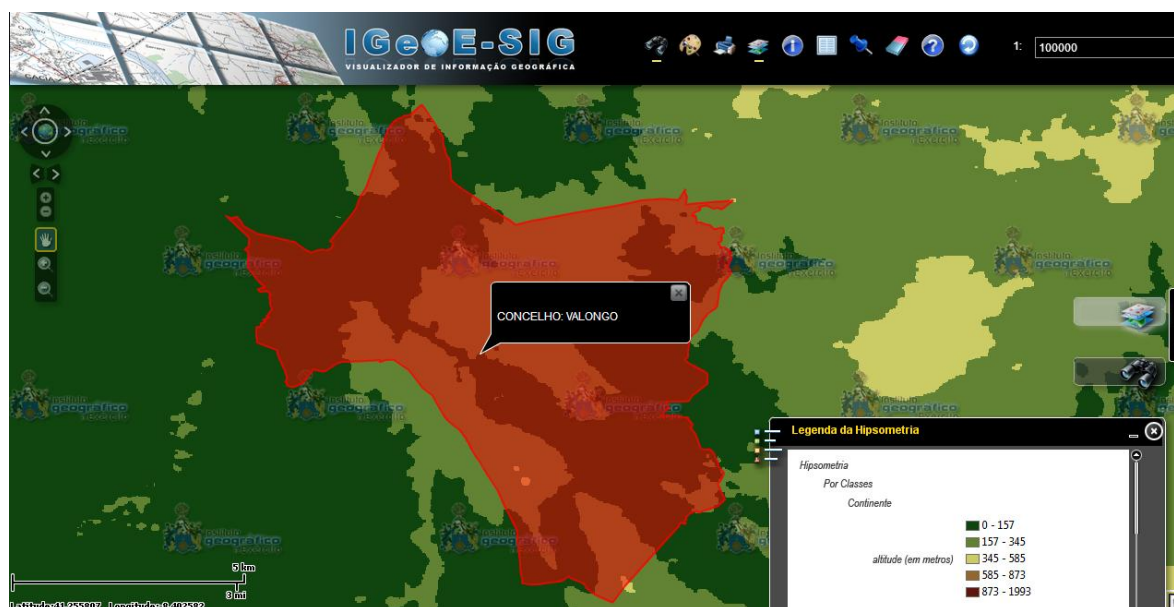


Figura 46 - Gráfico hipsométrico de Valongo (Escala 1:100000). Retirado de Instituto Geográfico do Exército

Em termos topográficos, verifica-se que Valongo apresenta uma topografia um pouco acidentada, fruto da sua localização geográfica, tal como é possível observar acima na **Figura 46**⁶⁵, assim como seu valor de altitude máxima, que ronda os 383 metros.

Tal como no caso de outros municípios, uma breve pesquisa relativa à ocorrência de fenómenos de movimentos de massa em zonas de vertentes. Esta pesquisa teve uma conclusão semelhante à de outros municípios como a Póvoa de Lanhoso e a Maia, sendo que Valongo não aparentou possuir registos de tais ocorrências que fossem encontrados.

i) Sistematização de Algumas das Variáveis de Maior Relevo

A **Tabela 25** apresenta a sistematização de algumas das propriedades consideradas como mais relevantes de cada município para o estudo em causa, de forma a facilitar a análise de como estes fatores podem potencialmente afetar e condicionar o desenvolvimento dos respetivos Planos Diretores Municipais.

Tabela 25 - Sistematização das principais variáveis de cada município

Municípios	Densidade Populacional (hab/km ²)	Superfície (km ²)	Superfície de uso do solo urbano identificado nos PMOT (ha)	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)	Histórico de Ocorrências Detetado
Arcos de Valdevez	50,1	447,6	3379,1	1416	17	Sim
Gondomar	1274,2	131,86	3665	470	6	Sim
Lisboa	6170,2	84,97	4077,8	227	0	Sim
Maia	1638,9	82,99	3434	254	36	Não
Matosinhos	2808,7	64,42	2608,9	132	0	Não
Porto	5493,3	41,42	2855,4	155	0	Sim
Póvoa de Lanhoso	162,6	134,75	2251,3	737	50	Não
Valongo	1263	75,12	2272,2	383	50	Não

⁶⁵ <http://www.igeoe.pt/igeoesig/> (acedido em 03/06/2014)

PARTE 2

4 RESULTADOS

4.1 Análise dos PDM

4.1.1 Arcos de Valdevez

O Regulamento do Plano Diretor Municipal de Arcos de Valdevez encontra-se expresso pelo Aviso n.º 24235/2007 de 10 de Outubro de 2007. Este aviso apresenta assim o Regulamento referido, publicando a deliberação da assembleia municipal que resulta na aprovação da revisão do Plano, bem como o respectivo Regulamento, a planta de ordenamento e a planta de condicionantes inerentes a este Instrumento de Gestão Territorial.

Procedendo então à análise deste documento legal no que toca à questão da ocupação territorial de zonas de vertentes e a prevenção do risco de movimentos de massa, é na sua Secção II, referente à Estrutura Ecológica do Município que pela primeira vez surgem referências a este tema. Em primeiro lugar, constata-se já no seu Artigo 12º, intitulado de “Âmbito territorial” que a definição da estrutura geológica dada pelo nº 1 é relativa à questão em foco: “*A estrutura ecológica abrange as áreas, valores e sistemas de protecção e valorização ambiental dos espaços rurais e urbanos no concelho de Arcos de Valdevez, tal como consta na Planta de Ordenamento.*”. Tal abrangência é posteriormente clarificada no seu nº 4 deste mesmo artigo, referente à definição das áreas que constituem a estrutura ecológica em solo rural:

“4 — A estrutura ecológica em solo rural, é constituída pela totalidade das áreas que integram os seguintes componentes:

(...) e) Áreas de susceptibilidade Geomorfológica. (...)”

Como é possível então verificar, áreas de susceptibilidade geomorfológica, como as associadas ao risco de movimentos de massa e desabamentos de terra, são consideradas para o propósito do ordenamento do território neste município.

É no entanto no seguinte Artigo 13º - Regime, que a referência previamente observada é explicitada, confirmando a hipótese colocada. Isto é particularmente evidenciado pelos seus nºs 3 e 4, que se encontram em seguida transcritos:

“(...) 3 — As áreas de susceptibilidade geomorfológica são consideradas perímetros de acção condicionada, em face do risco de ocorrência de movimentos de vertente, abrangendo especialmente as vertentes de declive forte e as vertentes complexas.

4 — Nas áreas de susceptibilidade geomorfológica as acções a desenvolver, no que respeita à edificação, à alteração do revestimento vegetal, da drenagem natural e da geomorfológica, devem ter em conta a análise dos riscos naturais que se possam traduzir em movimentos de vertentes. (...)”

Verifica-se assim que o presente regulamento apresenta uma clara preocupação com este tipo de fenómenos, definindo uma abordagem específica de cuidado no que toca à ocupação das zonas de vertente, devido aos riscos de movimentos de massa inerentes a estas, que se traduz por uma análise dos riscos naturais existentes.

Adicionalmente, outras variáveis e fatores influentes no risco da ocorrência de movimentos de massa são também abordados, de forma mais ou menos direta, ao longo do regulamento.

A título de exemplo surge o Artigo 22º, que enuncia as ocupações e utilizações interditas dos espaços da Reserva Nacional Agrícola, entre as quais se distinguem “*Acções que provoquem a erosão e a degradação do solo, encharcamento ou inundações e outros efeitos perniciosos*”.

Um outro artigo a considerar é o Artigo 32º, que enuncia também ocupações e utilizações condicionadas em espaços florestais silvo – pastoris, entre as quais atividades de movimentação de solos em declives acentuados, assim como de controlo de vegetação e arborização.

Finalmente, como um terceiro exemplo, são considerados Artigos como o 58º, 59º e 66º, todos artigos que estipulam percentagens máximas permitidas de solos impermeáveis em espaços urbanizados.

Avançando agora para as plantas de ordenamento e de condicionantes, verifica-se que a forma como estas se encontram publicadas no Regulamento é extremamente inviável de análise. No entanto, a Câmara Municipal de Arcos de Valdevez disponibiliza estas e a sua consulta de forma pormenorizada na sua página da internet⁶⁶.

Através da análise destes documentos, é possível constatar que não existe uma atenção devida ao risco associado a movimentos de vertentes no ordenamento do território, já que as zonas de perigo consideradas encontram-se associadas apenas a zonas ameaçadas pelas cheias. É necessário, no entanto, referir que a planta de ordenamento efetivamente define zonas cuja urbanização futura não é permitida, sendo que tal se pode dever a um conjunto de fatores nos quais se inclua a susceptibilidade ao risco de movimentos de massa.

4.1.2 Gondomar

O Regulamento do Plano Diretor Municipal de Gondomar encontra-se publicado na Resolução do Conselho de Ministros nº 48/95 de 2 de Fevereiro de 1995, a qual define o presente Regulamento de acordo com a ratificação aplicada a este, e ainda as Plantas de Ordenamento e de Condicionantes a este associadas.

Procedendo então a uma análise relativamente ao risco associado à ocupação antrópica de vertentes e os movimentos de massa que daqui podem resultar, verifica-se que no presente documento a primeira menção relativa a este tema surge na sua Secção V – Área Privilegiada de Exploração Turística. No seu Artigo 30º, relativo à edificabilidade, a questão em estudo é abordada, ainda que indiretamente, no que toca aos seus nºs 1, 2, e 3, como é possível observar no seguinte excerto:

“Artigo 30º - Edificabilidade

1 – Nesta área são proibidos os movimentos de terra, destinados a fins de atividade pública ou privada, que impliquem cortes contínuos nas encostas com mais de 5 m de altura e a execução de muros de de suporte de betão armado, desde que a altura ultrapasse os 2,5 m.

2 – Nesta área só é permitida a destruição do coberto vegetal estritamente necessário à implantação das construções.

3 – Para os empreendimentos e intervenções a levar a efeito é obrigatório o estudo de intervenção paisagística, devendo ser realizada a correcta opção do tipo de materiais, cores, volumetria e arquitetura, bem como deverão ser minimizados os movimentos de terra e alterações ao relevo natural. (...)”

É possível então constatar que o presente Regulamento estipula a limitação de atividades e intervenções que afetem diretamente o risco da ocorrência de movimentos de massa em vertentes nas edificações para fins de turismo. No entanto, a forma como a questão é aqui abordada acaba por levar a crer que estas limitações se enquadram mais no ponto de vista na preservação paisagística, do que propriamente no que toca à prevenção do risco em estudo.

⁶⁶ <http://www.cmav.pt/pdm.php> (acedido em 20/05/2014)

Na secção VIII, relativa à Área verde urbana de protecção ou parque, o Artigo 36º - Usos e atividades refere o seguinte:

“(...) 3 – Na ausência de um plano de pormenor ou outros estudos de conjunto não será permitido:

(...) b) A destruição do solo vivo e do coberto vegetal na faixa ripícola; (...)

c) Alterações à topografia do terreno e o derrube de mais de 50% do coberto arbóreo; (...) “

Mais adiante no documento, agora já na sua Secção IX – Área Florestal de Produção Condicionada, é definida uma imposição pertinente, observável no seguinte excerto:

“Artigo 39º - Condicionantes à mobilização e exploração florestal

Nas áreas de floresta de produção condicionada não são permitidas mobilizações do solo susceptíveis de promover ou aumentar o grau de erosão e degradação dos solos:

- a) As mobilizações mecânicas do solo constatarão de ripagens simples segundo as curvas de nível;*
- b) Não é permitida a destruição do coberto vegetal nas áreas de declive superior ou igual a 30%;*
- c) A aplicação dos cortes razos deve ser feita de forma a minimizar os riscos de erosão; (...)*”

Ao contrário do primeiro excerto apresentado, este artigo define assim explicitamente a imposição por parte do presente Regulamento em impedir atividades e intervenções que afetem o grau de agregação e erosão dos solos das áreas florestais, já que este tipo de atividades contribuem para o aumento do risco de movimentos de massa.

Passando agora para as cartas de ordenamento e condicionantes do respetivo PDM, verifica-se que estes documentos ficam aquém daquilo que seria necessário para cumprirem os seus objetivos. Por sua consulta, no site da Câmara Municipal de Gondomar⁶⁷, constata-se que estes documentos, não sofreram qualquer tipo de atualização desde o ano da publicação do respetivo Regulamento, em 1995, o que acaba por justificar as lacunas apresentadas por estes face a PDM mais recentes. No caso da planta de ordenamento encontram-se discriminadas as áreas urbanizáveis e não urbanizáveis como seria de esperar. No entanto, as áreas não urbanizáveis encontram-se assim caracterizadas devido ao desígnio destas para uso como áreas florestais, de RAN, e praias fluviais, não existindo qualquer tipo de indicação de áreas não urbanizáveis devido a riscos naturais ou antrópicos. Quanto à carta de condicionantes, embora esta considere múltiplas condicionantes inerentes às infra-estruturas e atividades perigosas realizadas no território, apenas surge a indicação da consideração de um risco natural – o das zonas ameaçadas pelas cheias, não existindo qualquer tipo de consideração pelo risco de movimentos de massas, tal como se verifica no correspondente regulamento.

4.1.3 Lisboa

O Plano Diretor Municipal de Lisboa encontra-se republicado no Aviso n.º 11622/2012, de 27 de Julho de 2012, o qual aprova a revisão deste Instrumento de Gestão Territorial, no que toca aos seus três componentes: o Regulamento e as Plantas de Condicionantes e de Ordenamento.

Neste regulamento, é possível verificar, quase de imediato, a preocupação existente com a questão da ocupação antrópica de vertentes e o risco de ocorrência de movimentos de massa. Tal é primeiramente observado no Artigo 4º do Regulamento, relativo aos conceitos mencionados no documento, no qual surge uma definição específica para “suscetibilidade de ocorrência de

⁶⁷ <http://www.cm-gondomar.pt/pages/203> (acedido em 20/05/2014)

movimentos de massa de vertentes”. Esta é a seguinte: *“Corresponde às condições que um determinado local apresenta face à ocorrência e potencial de um fenómeno danoso de movimentos de massa em vertentes, nomeadamente deslizamentos e desmoronamentos, em função da natureza geológica das formações, da geomorfologia e da presença ou circulação de água”*.

O Artigo 16º do Regulamento apresenta alguma relevância para o estudo, no sentido em que dispõe medidas relativas à promoção de eixos arborizados, que por sua vez se traduzem na implementação de árvores e na garantia da existência de zonas permeáveis. Embora a implementação de eixos arborizados possa não ser feita em zonas de vertente, acaba por indiretamente ser uma medida contributiva para a prevenção de tais ocorrências.

Posteriormente, é no Capítulo II do documento, entitulado de Sistemas de Proteção de Valores e Recursos, na sua secção I – Valores e Recursos Ambientais e Sub-Secção III - Áreas sujeitas a riscos naturais e antrópicos que a problemática considerada no presente trabalho é abordada de forma explícita, através do seu Artigo 23º:

“Artigo 23.º - Suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes

1 — Nas zonas cartografadas como de muito elevada ou elevada suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Planta de riscos naturais e antrópicos I correspondentes a espaços verdes na Planta de qualificação do espaço urbano não são admitidas operações urbanísticas, com exceção de ações que não coloquem em causa a estabilidade dos sistemas biofísicos, a salvaguarda face a fenómenos de instabilidade de risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes e de perda de solo ou a prevenção da segurança de pessoas e bens, nomeadamente a estabilização de taludes e ações de florestação e reflorestação.

2 — Para as restantes zonas cartografadas como de muito elevada ou elevada suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Planta de riscos naturais e antrópicos I exige -se a apresentação de um estudo prévio integrado que demonstre a aptidão para a construção em condições de total segurança de pessoas e bens e que defina a melhor solução a adotar para a estabilidade da área em causa, ficando a ocupação condicionada à elaboração de um parecer elaborado por técnicos ou entidades credenciados, baseado em estudo geológico geotécnico e hidrogeológico específico.

3 — O projeto de arquitetura relativo a operações de edificação, em zonas cartografadas como de moderada suscetibilidade na Planta de riscos naturais e antrópicos I, é acompanhado por parecer elaborado por técnicos ou entidades credenciados, baseado em estudo geológico e geotécnico.”

Como é possível observar, o Regulamento do PDM de Lisboa refere claramente quais as áreas e zonas cuja ocupação e atividade antrópica se encontram condicionadas ou proibidas, salvo para as exceções definidas, cujo propósito se prende com o domínio da prevenção e segurança ocupacional através da minimização do risco de ocorrência e exposição. Nos casos em que estas atividades se encontram condicionadas, é exigida a apresentação de estudos de carácter hidrogeológico e geológico, assim como o parecer de entidades devidamente creditadas para tal, a fim de garantir sempre que a área ocupada é estável a este ponto.

Juntamente com o Artigo 23º, os Artigos 22º e 24º são também relevantes para o objetivo do estudo em questão, já que são referentes a fenómenos de inundações e sismos, respetivamente. Como tal, as imposições preventivas apresentadas por este regulamento não servem apenas como medidas preventivas para a ocorrência dos fenómenos em questão, mas também como medidas minimizadoras do risco da ocorrência de movimentos de massa, já que estes podem ser despoletados por eventos como cheias e sismos.

O Artigo 45º deste Regulamento, relativo a obras de demolição, que se encontra inserido na Secção II e Sub-Secção III do Capítulo IV, implica também, na sua alínea f), a preocupação

sempre presente com a protecção civil, sendo que o risco de derrocada é um dos potenciais riscos considerados.

O Artigo 50º, referente ao domínio dos espaços verdes de recreio e produção, demonstra pelo seu número 9 a preocupação subjacente em garantir a redução do risco de exposição a movimentos de massa, reduzindo o índice de edificabilidade correspondente aos créditos de construção atribuídos para estas zonas em condições normais, comparativamente com zonas em circunstâncias semelhantes, mas classificadas como de elevada susceptibilidade para a ocorrência de movimentos de massa:

“(...) 9 — Nas circunstâncias previstas no número anterior, quando as parcelas se localizem em áreas de muito elevada ou elevada vulnerabilidade a inundações ou de suscetibilidade ao efeito de maré direto, ou de muito elevada ou elevada suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes, assinaladas na Planta de riscos naturais e antrópicos I, é atribuído aos proprietários das mesmas créditos de construção correspondentes à aplicação do índice de edificabilidade de 0,1 à área objeto de transmissão, nos termos do artigo 84.º do presente Regulamento. (...)”

Também no Artigo 51º - Espaços verdes de proteção e conservação, existe uma referência associada às questões de minimização dos riscos de movimentos de massa, relacionadas com a preservação e conservação dos ecossistemas:

“Artigo 51.º - Espaços verdes de proteção e conservação

1 — Os espaços exteriores verdes de proteção e conservação visam a salvaguarda dos valores naturais, designadamente a conservação de ecossistemas, habitats, povoamentos ou formações vegetais e minerais de elevado valor ecológico e ou didático, assim como as estruturas vegetais de proteção do solo em situações de fortes declives e ou erodibilidade. (...)”

A minimização do risco dos movimentos de massa surge na parte final deste artigo, que estabelece a necessidade de conservação de estruturas vegetais, que funcionam como elementos promotores da protecção dos solos contra fenómenos erosivos e de desagregação, principalmente em situações de forte declive.

Artigos como o Artigo 42º e o 54º são também relevantes, no sentido em que estes estipulam índices de permeabilidade obrigatórios para as áreas a que dizem respeito.

No que toca às cartas de ordenamento e condicionantes, verifica-se que são as pertencentes ao PDM de Lisboa, de entre os 8 PDMs analisados, indubitavelmente as mais completas. Estas encontram-se disponíveis para consulta e análise na respetiva secção do site da Câmara Municipal de Lisboa⁶⁸. Verifica-se que a planta de ordenamento considera fatores como a qualificação do espaço urbano, a estrutura ecológica municipal, condicionantes de infra-estruturas e acessibilidade de transportes e os riscos naturais e antrópicos inerentes ao município. Para o objetivo do presente trabalho é precisamente esta última porção da carta que se torna relevante, sendo que neste caso particular, são considerados e devidamente classificados riscos como o de inundações, susceptibilidade sísmica e a ocorrência de movimentos de massas em vertentes, de acordo com o território de Lisboa. Também a carta de condicionantes apresenta um maior grau de pormenor que outras cartas analisadas, considerando fatores que vão desde zonas condicionadas por infra-estruturas de distribuição de energia e água, áreas sujeitas a regime florestal, zonas de cemitérios, hospitais, aeroportos até zonas de interesse público e *non aedificandi*.

⁶⁸ <http://www.cm-lisboa.pt/viver/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal> (acedido em 20/05/2014)

4.1.4 Maia

O Plano Diretor Municipal da Maia encontra-se publicado pelo Município da Maia no Aviso n.º 9751/2013, de 8 de Maio de 2013, onde é aprovada a primeira revisão deste documento e a sua republicação, incluindo o Regulamento, a Planta de Ordenamento e a Planta de Condicionantes.

O Regulamento do PDM da Maia apresenta-se como um dos documentos analisados com menos informação e atribuição de importância à questão em estudo, sendo que nunca existe nenhuma referência direta ao risco da ocupação de zonas de vertentes e a ocorrência de movimentos de massa. Em termos de referências indiretas, estas tomam uma proporção maior.

Como um primeiro exemplo surge o Artigo 16º, pertencente ao Capítulo II - Disposições comuns ao solo rural e ao solo urbano, onde são explicitadas imposições em termos da impermeabilização do solo e remoção de vegetação para o solo:

“Artigo 16.º - Condicionamentos estéticos, ambientais e paisagísticos

1 — A Câmara Municipal, de forma a garantir uma correta integração na envolvente e a promover o reforço dos valores arquitetónicos, paisagísticos e ambientais de uma determinada área territorial, pode impor condicionamentos de ordem arquitetónica, construtiva, estética e ambiental:

- a) À implantação das edificações, nomeadamente aos alinhamentos, recuo, afastamento e profundidade;*
- b) À volumetria das construções ou ao seu aspeto exterior;*
- c) À impermeabilização do solo;*
- d) À alteração do coberto vegetal.*

2 — A Câmara Municipal pode impedir, por interesse arquitetónico ou cultural, a demolição total ou parcial de qualquer edificação, bem como de espécies arbóreas ou arbustivas de inegável valor paisagístico para o território concelhio.”

Verifica-se ao longo deste regulamento que estas preocupações vão sendo especificadas e atribuídas com maior detalhe às diferentes classes de atividades e ocupações do solo consideradas pelo PDM.

Pelo Artigo 19º é possível constatar que a questão das inundações, um potencial fator desencadeante de movimentos de massa também é considerado neste documento, sendo estas zonas devidamente identificadas na Planta de Condicionantes e estando sujeitas a um conjunto de condicionantes.

Finalmente, um outro exemplo de interesse para o estudo é aquele que se encontra no Artigo 43º do Capítulo III – Espaços florestais:

“Artigo 43.º - Ocupações e utilizações interditas

São proibidas as mobilizações de solo, alterações do perfil dos terrenos, técnicas de instalação e modelos de exploração suscetíveis de aumentar o risco de degradação dos solos. (...)”

Este artigo refere assim proibições implementadas que reduzem o risco em foco, ainda que estas imposições sejam com o principal objetivo da protecção das áreas florestais.

4.1.5 Matosinhos

O Plano Diretor Municipal de Matosinhos encontra-se alterado pelo Município de Matosinhos no Aviso n.º 3139/2014, de 29 de Janeiro de 2014, sendo que o Regulamento original ratificado encontra-se publicado no Despacho n.º 92/92 de 14 de Agosto de 1992.

O seu Artigo 1º refere de imediato a preocupação subjacente ao documento relativa a acções que causem a transformação do revestimento ou relevo no solo, como em seguida é possível observar:

“Artigo 1º - Âmbito e aplicação

Todas as acções de parecer, aprovação ou licenciamento de construções, reconstruções, recuperações, ampliações, instalações, alteração de uso, destaques de parcelas, loteamentos, obras de urbanização e qualquer outra acção que tenha por consequência a transformação do revestimento ou relevo do solo, ficam sujeitas às seguintes disposições regulamentares, apoiadas pela documentação gráfica anexa que faz parte integrante deste regulamento.”

No entanto, à medida que a análise deste documento foi sendo aprofundada, verificou-se então que não é explicitada nenhuma medida preventiva ou proibitiva no sentido de minimizar o risco de ocorrência de movimentos de massa devido à ocupação de zonas de vertente.

Existem, no entanto, algumas referências e medidas implementadas pelo regulamento que indiretamente contribuem para a minimização do risco considerado, ainda que estas também sejam em pequena quantidade.

São anotadas assim imposições associadas a percentagens máximas permitidas de solo impermeável para diferentes áreas de uso do solo municipal, visíveis em artigos como o Artigo 19º, 26º, 28º e 33º, assim como imposições relativas às manutenção de espécies arbóreas, que como é sabido, contribuem para a agregação e coesão do solo, visíveis nos Artigos 21º e 44º.

A questão da movimentação de solos e alteração da topografia é também abordada, mas apenas no que toca às zonas classificadas como de Salvaguarda Restrita, Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN), nos respetivos Artigos 51º, 52º e 53º.

Procurando então ir para além do Regulamento do PDM de Matosinhos, procedeu-se a uma análise do Regulamento de Urbanização e Edificação do Município de Matosinhos. No entanto, também esta provou-se infrutífera, já que também não existe nenhuma referência direta à problemática em estudo no presente trabalho.

Por posterior análise dos dois outros elementos constituintes do PDM disponibilizados no site da Câmara Municipal⁶⁹ – a carta de ordenamento e condicionantes, verifica-se que estes, tal como o próprio regulamento, datam já de 1992, e portanto apresentam-se como documentos menos completos que outros de PDMs mais recentes. Tal denota-se, por exemplo, no fato da carta de ordenamento fazer distinção das diversas zonas do território em termos gerais como áreas predominantemente residencial, áreas predominantemente industrial e áreas predominantemente de serviços, e de englobar numa única classe as áreas verdes, de parque e de proteção ambiental. A carta de condicionantes apresenta-se como o documento claramente mais inviável, delimitando apenas o que diz respeito às infra-estruturas de distribuição de energia e as áreas da REN e RAN, e posteriormente singindo-se a assinalar pontualmente locais associados a infra-estruturas como hospitais, escolas, cemitérios, museus, etc. Constata-se assim, quer num documento, quer noutro e à semelhança do que se passa no regulamento deste PDM, a inexistência de preocupações no que toca a riscos naturais como é o caso dos movimentos de massa em vertentes, ou até inundações e sismos.

⁶⁹ <http://web2.cm-matosinhos.pt/portal/tabid/61/Default.aspx> (acedido em 20/05/2014)

4.1.6 Porto

O Regulamento do Plano Diretor Municipal do Porto encontra-se publicado segundo o Aviso n.º 14332/2012 de 4 de Outubro de 2012, juntamente com os seus Planos de Condicionantes e Ordenamento e de acordo com as alterações a que este foi sujeito.

Partindo assim para uma análise deste documento tendo em conta a preocupação com o risco da ocorrência de movimentos de massas fruto da ocupação e atividade antrópica em zonas de vertentes, surge quase desde imediato uma primeira referência ao tema, no Artigo 2º - Composição. Neste artigo são então mencionados todos os componentes do PDM do Porto, sendo que um dos elementos que o acompanham são relevantes para o problema em estudo, nomeadamente a Planta Geotécnica, constituída pelas seguintes cartas: geomorfológica, de zonamento geotécnico e de condicionantes geológico – geotécnico.

Um pouco adiante, observa-se um cuidado protetivo no que toca às áreas verdes de espaço-canal, normalmente associadas a taludes e zonas de vertente, tal como é expresso no Artigo 41º:

“Artigo 41.º - Áreas verdes de enquadramento de espaço -canal

1 — As áreas verdes de enquadramento de espaço -canal destinam -se a servir de proteção física, visual e sonora aos diferentes usos urbanos que marginam os corredores de transporte e a requalificar os espaços que lhes são adjacentes ou a garantir o enquadramento de vias panorâmicas.

2 — Estas áreas devem ser totalmente ocupadas por revestimento vegetal, admitindo -se a instalação de estruturas de proteção sonora e de proteção física. (...)”.

Neste Artigo é possível então observar a forma como estas áreas são adequadas para servirem de proteção física, sendo sujeitas a revestimento vegetal e estruturas de proteção física.

No Capítulo I do Título IV deste documento, referente ao Sistema Ambiental, verifica-se, no Artigo 42.º - Estrutura ecológica municipal, o reconhecimento na necessidade de identificação de áreas propensas ao problema em questão, sejam estas áreas geotécnicamente inseguras, associadas a declives acentuados, non-aedificandi, ou ainda susceptíveis a outros riscos como a ocorrência de cheias. Tal particularidade é constatada na sua alínea f), como é possível observar pelo seguinte excerto:

“Artigo 42.º - Estrutura ecológica municipal

(...)2 — A estrutura ecológica municipal é constituída pelas seguintes componentes:

(...)f) Áreas de proteção de recursos naturais, identificadas na planta de ordenamento — carta de qualificação do solo e integradas ou não nas componentes referidas nas alíneas anteriores e correspondendo aos seguintes ecossistemas:

f 1) Com estatuto non aedificandi:

(...)f 1.3) Escarpas e respetivas faixas de proteção delimitadas a partir do rebordo superior e da base e outras zonas de declives superiores a 25 % e ou de instabilidade geotécnica identificadas na carta geotécnica;

f 2) Com estatuto condicionado:

f 2.1) Zonas ameaçadas pelas cheias, que correspondem às zonas inundáveis e à área contígua à margem de um curso de água, que se estende até à linha alcançada pela maior cheia conhecida; quando esta for desconhecida, é considerado o limite de uma faixa de 100 m para cada lado da linha de margem do curso de água;

f 2.2) Nas zonas identificadas na subalínea anterior, as intervenções devem subordinar -se às seguintes condições:

1) As cotas dos pisos inferiores das edificações terão de ser superiores à cota local da máxima cheia conhecida;

2) Em todos os espaços não afetos a edificação, só são admitidos pavimentos que garantam a permeabilidade do solo, devendo ser munidos dos competentes sistemas de drenagem de águas pluviais; (...)”

Esta preocupação com zonas de instabilidade geológica e de declives acentuados é novamente abordada mais à frente, nomeadamente no número 3 deste mesmo artigo, que refere as medidas preventivas exigidas para atividades antrópicas próximas destas zonas, de forma a proporcionar condições adequadas de segurança civil e material:

“3 — Numa faixa de 50 m contada a partir dos rebordos superior e inferior das escarpas, e sem prejuízo do estabelecido na alínea f1.3) do n.º 2 do presente artigo, qualquer projeto de obra de construção, ampliação e urbanização deve ser instruído com estudos geotécnicos que demonstrem que a área do prédio abrangida pela intervenção pretendida possui, no âmbito da geotecnia, aptidão para a construção em condições de total segurança de pessoas e bens e garantindo a proteção dos ecossistemas em causa.”

Sublinha-se ainda que este artigo apresenta também medidas preventivas consideradas “indiretas”, como é o caso da preocupação com adequados sistemas de drenagem e solos permeáveis para a minimização do risco de cheias e potenciais fenómenos que estas ocorrências podem despoletar. Esta preocupação em garantir um nível de permeabilidade do solo adequado é recorrente em outros artigos do documento, relativos às condições de edificabilidade e uso das diferentes tipologia de áreas compreendidas no município do Porto.

Adicionalmente, ao longo do regulamento do PDM verificam-se outras imposições legais semelhantes em outros âmbitos, como é o caso de atividades de remoção de vegetação e espécies arbóreas como já foi constatado no artigo 40º previamente analisado.

Para além do Regulamento, procedeu-se a uma breve análise à carta de condicionantes e de ordenamento do território do Município do Porto, disponibilizadas através do site da Câmara Municipal⁷⁰. Relativamente à carta de condicionantes, verificou-se que esta apresenta um nível de detalhe bastante considerável, abordando condicionantes elementares como as infraestruturas de distribuição de energia e água, ferrovias e rodovias, até outras questões menos evidentes, como é o caso das espécies arbóreas protegidas e condicionadas, as zonas *non aedificandi* e de protecção, e ainda as áreas afetadas à gestão e controlo dos recursos hídricos, entre as quais se salientam as zonas de perigo de cheias. No entanto, tal como em todos os PDM analisados, com a excepção do de Lisboa, não é apresentado qualquer aparente preocupação e caracterização de condicionantes associadas ao risco da ocorrência de movimentos de massa em zonas de vertentes. No que toca à carta de ordenamento, esta evidencia um grande nível de detalhe e variedade relativamente à classificação das áreas do território, apresentando também zonas específicas de protecção natural. No entanto, e tal como na carta de condicionantes, o único risco natural e antrópico considerado é o relativo às zonas de cheia.

4.1.7 Póvoa de Lanhoso

O Plano Diretor Municipal e Póvoa de Lanhoso encontra-se publicado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/95, de 13 de Dezembro, que por sua vez foi alterada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 28/99, de 22 de Abril.

A primeira referência que surge relativamente à temática em foco é feita pelo Artigo 11º, no que trata às áreas sujeitas a riscos de cheia, sendo que o licenciamento para edificação nestas zonas exige o parecer afirmativo da Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais (DRARN).

Em seguida, o Artigo 12º, relativo à Albufeira de Andorinhas faz também uma referência indireta. Tal deve-se ao fato de este Artigo classificar a Albufeira em questão como

⁷⁰ <http://sigweb.cm-porto.pt/mipwebportal/> (acedido em 20/05/2014)

condicionada, o que, de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 2/88 de 20 de Janeiro, implica que esta apresenta “*condicionamentos naturais - superfície reduzida, margens declivosas, dificuldades de acesso, situação fronteiriça, variações importantes ou frequentes do nível da albufeira devidas a cheias ou à exploração, turvação ou outras características organolépticas desfavoráveis da água*”. Assim sendo, o presente PDM estipula que “*as edificações a implantar na zona de protecção só serão permitidas fora da zona reservada e têm de ser licenciadas pela Direcção Geral dos Recursos Naturais, nos termos do que figura no artigo 9.º do mesmo decreto regulamentar.*”, promovendo assim a prevenção dos riscos inerentes à edificação e execução de atividades em zonas de declives intensos da Albufeira.

O Artigo 13.º - Reserva Agrícola Nacional faz uma remissão externa para o Decreto-Lei n.º 196/89, de 14 de Junho, indicando que as atividades de uso e ocupação do solo de RAN se encontram condicionadas de acordo com o estabelecido no respetivo Decreto-Lei. Observando assim o documento em questão, verifica-se uma outra medida preventiva no que toca à problemática dos movimentos de massa, nomeadamente através da proibição de atividades que promovam a degradação e erosão dos solos nestas áreas, como é visível no Artigo 8º:

“Artigo 8.º - Princípio geral

1 - Sem prejuízo do disposto nos artigos seguintes, os solos da RAN devem ser exclusivamente afectos à agricultura, sendo proibidas todas as acções que diminuam ou destruam as suas potencialidades agrícolas, designadamente as seguintes:

a) Obras hidráulicas, vias de comunicação e acessos, construção de edifícios, aterros e escavações; (...)

d) Acções que provoquem erosão e degradação do solo, desprendimento de terras, encharcamento, inundações, excesso de salinidade e outros efeitos perniciosos; (...)”

Quanto ao Artigo 14.º, relativo à Reserva Ecológica Nacional, verifica-se que este também faz uma referência externa quanto às atividades de uso e ocupação destas áreas. Analisando assim o correspondente diploma legal, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de Agosto. Este define no seu Artigo 4.º quais as áreas integradas na REN, sendo que entre estas se distinguem as áreas de prevenção de riscos naturais, e dentro destas surge uma tipologia de extremo interesse para o caso de estudo, nomeadamente as “áreas de instabilidade de vertentes”. Avançando ainda neste Decreto-Lei para o seu Artigo 9.º, constata-se, tal como é enunciado pelo número 4 deste mesmo artigo que “*as áreas da REN são identificadas nas plantas de condicionantes dos planos especiais e municipais de ordenamento do território e constituem parte integrante das estruturas ecológicas municipais.*”. Tal indica, portanto, que as zonas de taludes identificadas como potencialmente instáveis devem ser identificadas e devidamente consideradas nas plantas de condicionantes, que são um dos elementos integrantes de um Plano Diretor Municipal.

O Artigo 16.º - Rede rodoviária nacional, faz também uma remissão externa relevante para o caso, nomeadamente para o Artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 13/71, de 23 de Janeiro. Neste documento legal são estipuladas assim as proibições em terrenos limítrofes da estrada para atividades e ocupações, sendo que simultaneamente são apresentadas algumas excepções, entre as quais a aplicação de muros, redes e outros equipamentos de protecção e estabilidade de taludes.

De uma forma semelhante o Artigo 17.º - Rede rodoviária municipal, faz também uma remissão externa, nomeadamente para a Lei n.º 2110/61, de 19 de Agosto. Embora esta remissão seja direccionada aos Artigos 58.º e 59.º, que estipulam a proibição da ocupação e edificação em zonas limítrofes da estrada e as excepções aplicáveis, é no Artigo 33.º que é encontrada uma medida imposta relevante para a minimização do risco associado à instabilidade de taludes, através da arborização e re-vegetação, tal como é possível constatar pelo seguinte excerto:

“Na concepção e execução dos trabalhos de arborização das vias municipais, devem ser consideradas todas as funções que a arborização pode desempenhar, especialmente as de salubridade, as de agrado e conforto para os viajantes, as de conservação dos pavimentos e consolidação das margens e taludes e as de segurança ou de facilidade do trânsito consoante as condições topográficas ou atmosféricas.”

Do mesmo modo que os artigos referidos previamente, o Artigo 20.º - Linhas eléctricas de alta tensão faz uma remissão externa para o Decreto Regulamentar n.º 1/92, de 18 de Fevereiro, no que toca ao ordenamento do território associado às linhas eléctricas de alta tensão. Neste diploma legal é possível constatar também alguma preocupação relativa à ocupação e atividade em zonas de vertentes e taludes de declives consideráveis, impondo, através do seu Artigo 30.º, referente à distância dos condutores a obstáculos diversos, que *“Na vizinhança de obstáculos, tais como terrenos de declive muito acentuado, falésias (...) os condutores nus das linhas devem manter uma distância específica que deve ser calculada a estes”*.

Verifica-se no Artigo 25.º do Regulamento do PDM da Póvoa de Lanhoso uma outra referência ao problema em estudo, ainda que algo subtil. Esta consiste numa referência à importância de aprofundar ao máximo todos os aspetos que condicionam as atividades de urbanização no município, e surge no seu número 2: *“Para cada espaço urbano são definidos índices de utilização máximos e número de pisos máximo, devendo ser elaborados, quando necessário, planos de urbanização, planos de pormenor ou outros estudos de conjunto que pormenorizem os condicionamentos urbanísticos de cada espaço.”*

No Artigo 33.º - Indústrias nos espaços urbanos e no Artigo 37.º - Loteamento e edificação, é explicitamente proibida a impermeabilização total do solo a partir de uma certa percentagem, de forma a impedir a ocorrência de cheias e outros fenómenos que podem contribuir para a instabilidade de taludes.

O Artigo 39.º, relativo ao uso e ocupação de espaços para a indústria extrativa, explicita a proibição de atividades de remoção de vegetação mais do que a estritamente necessária para a atividade inerente, e responsabiliza ainda *“a entidade exploradora da pedreira (...) pela recuperação paisagística das zonas de lavra e pela segurança e protecção de pessoas e bens (...)”*. Adicionalmente, faz também uma remissão externa para o regulamento aplicável a esta indústria.

Finalmente, o Artigo 42.º, pertencente à Secção VI do Capítulo I caracteriza os espaços florestais, referindo que *“para além de uma função produtiva, estes espaços têm ainda como objectivo assegurar a correcção das disponibilidades hídricas e diminuir os riscos de erosão dos solos, permitindo a sua recuperação funcional e o incremento do valor ecossistémico e recreativo da paisagem.”*, o que indiretamente contribui também para a estabilidade dos solos e a redução do risco de ocorrência de movimentos de massa.

Avançando para os seguintes elementos que constituem o PDM, procedeu-se à análise das cartas de condicionantes e de ordenamento, disponibilizadas para consulta no site da respetiva CM⁷¹. A análise da carta de condicionantes revela que são consideradas como principais condicionantes as áreas destinadas à REN e RAN, assim como as áreas associadas aos recursos hídricos, com especial destaque para as zonas com risco de inundação e as zonas de proteção de albufeira. No que diz respeito à carta de ordenamento, esta classifica e divide o território municipal de acordo com os usos destinados. Neste documento surge de novo a preocupação com as áreas RAN, já que a atividade agrícola é uma atividade económica de relevo, assim como as áreas industriais, residenciais, florestais, culturais e da indústria extrativa. Em ambos estes documentos, à semelhança do que sucede no regulamento do presente PDM, não existem referências nem preocupações diretas com o risco que constitui o principal objetivo do presente estudo.

⁷¹ [http://62.48.235.142:7071/adf/\(S\(aqoqofpxlowien21tkwod1a2\)\)/Viewer.aspx?id=3](http://62.48.235.142:7071/adf/(S(aqoqofpxlowien21tkwod1a2))/Viewer.aspx?id=3) (acedido em 20/05/2014)

4.1.8 Valongo

O Regulamento do Plano Diretor Municipal de Valongo encontra-se ratificado e publicado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 168/95 de 12 de Outubro de 1995, em seguimento da correspondente aprovação por parte da Assembleia Municipal de Valongo, que sucedeu em 15 de Setembro de 1995.

A primeira referência observável no presente documento relativa à questão em foco surge no Artigo 11.º, da Secção I do Capítulo II:

“Artigo 11º - Condições de incompatibilidade

Considera-se que existem condições de incompatibilidade quando as actividades mencionadas no artigo 9º. (...)

b) Dêem lugar a vibrações, ruídos, cheiros, fumos, resíduos poluentes ou agravem as condições de salubridade; (...).”

É precisamente na alínea b) deste artigo que se verifica uma primeira atenção com a ocorrência de movimentos de massa, já que a ocorrência de vibrações pode ser um dos fenómenos passíveis de despoletar movimentos de massa em zonas de vertentes.

Em seguida, verifica-se uma imposição perfeitamente clara no sentido de reduzir o risco de ocorrência destes fenómenos, que se encontra expresso no número 3 do Artigo 13.º - Edificabilidade:

“3 - A Câmara Municipal poderá não autorizar a ocupação de terrenos, quando as condições particulares de localização, configuração, topografia, revestimento vegetal relevante, natureza geológica, hidrológica, exposição ou outras sejam susceptíveis de gerar situações urbanísticas ou técnicas deficientes, desajustadas ou lesivas da qualidade ambiental.”

Este excerto do Artigo 13.º exprime assim a autoridade da Câmara Municipal em proibir a ocupação de terrenos em casos de condições geológicas e topográficas desadequadas, que implicam a possibilidade da ocorrência de movimentos de massa, entre outros fenómenos potencialmente danosos.

O Artigo 25.º, relativo a Vias e Infra-estruturas em espaços urbanizáveis, explicita a proibição em criar novos arruamentos e vias com uma inclinação superior a 10%, salvo situações excepcionais devidamente justificadas, minimizando assim eventuais problemáticas associadas a declives intensos, como é o caso dos movimentos de massa.

Na Secção VI – Espaços florestais, surge o Artigo 48º - Condicionamentos à mobilização. Este artigo exprime a preocupação existente em preservar o solo dos espaços florestais, impedindo essencialmente todo o tipo de actividades capazes de degradar e erodir os solos, sejam estas movimentações ou remoção de vegetação. Tal deve-se ao fato de que este tipo de actividades contribuem para o aumento da instabilidade dos solos, que juntamente com o prejudicar das áreas florestais, podem levar também à ocorrência de movimentos de massa.

“Artigo 48º - Condicionamentos à mobilização

Nas áreas de floresta de produção condicionada não são permitidas mobilizações do solo susceptíveis de promover ou aumentar o grau de erosão e degradação dos solos ficando sujeitas aos seguintes condicionamentos:

- 1) As mobilizações mecânicas do solo devem constar de ripagens simples e ser feitas segundo as curvas de nível;*
- 2) É proibida a destruição do coberto vegetal nas áreas de maior risco de erosão;*
- 3) Os cortes rasos devem ser feitos segundo as curvas de nível. em faixas que não ultrapassem os 100 m ao longo da encosta.”*

Finalmente, a última referência existente surge na Secção VII, relativa aos espaços culturais e naturais. Nesta constata-se de novo a preocupação com eventuais alterações de vegetação e do solo e a tentativa de minimizar estas, sendo tal possibilidade prevista pelo Artigo 53º:

“Artigo 53º - Protecção ambiental

Nesta área apenas se permitem projectos turísticos ou de valorização ambiental, a realizar nas seguintes condições:

- 1) Só é permitida a destruição do coberto vegetal estritamente necessário à implantação das construções e demais equipamentos;*
- 2) Os movimentos de terras que conduzam à alteração do relevo natural e das camadas superficiais do solo apenas são permitidas desde que tenham como finalidade a valorização ambiental; (...).”*

Esta mesma preocupação já se encontrava manifestada em artigos anteriores, como é o caso do Artigo 30º, impondo o ajardinamento e arborização dos lotes em áreas de uso industrial.

Finalmente, verifica-se no Artigo 60º, relativo ao uso e ocupação de espaços para recuperação que a susceptibilidade geológica destes é um fator de extrema importância para o ordenamento do território, pelo que o presente regulamento estabelece a obrigação em viabilizar a ocupação através de um estudo geotécnico com parecer consultivo do IGM.

De forma a aprofundar o estudo do PDM de Valongo, foram analisadas as duas cartas de condicionantes e ordenamento, que completam o PDM num todo com o regulamento. Estas encontram-se disponíveis no respetivo site da Câmara Municipal de Valongo⁷².

Desta forma, na carta de condicionantes do PDM de Valongo observam-se como condicionantes notáveis as áreas da RAN e REN, as infraestruturas distribuidoras de água e energia e a rede de esgotos, assim como o património edificado, as áreas florestais e os recursos minerais. Quanto à carta de ordenamento, nesta são abordadas as áreas de património edificado e planeado, a rede viária, o património arqueológico, e os planos de incêndio. Da análise destes dois IGT é possível constatar que o PDM de Valongo não apresenta considerações evidentes no que toca a riscos como o de sismos, inundações e particularmente o de movimentos de massa em zonas de vertente, sendo que o único discriminado nas cartas é de incêndio.

⁷² http://www.cm-valongo.pt/WebSIG/sig_vlg.html (acedido em 20/05/2014)

5 DISCUSSÃO

5.1 Sistematização da Análise Efetuada

Tendo sido feita uma análise preliminar a cada um dos Regulamentos dos Planos Diretores Municipais dos municípios considerados, procurou-se assim sistematizar e organizar a informação obtida, de forma a ser possível efetuar uma comparação viável entre estes. Desta forma, procurou-se definir variáveis específicas que seriam pertinentes para o problema que é o risco de movimentos de massa proveniente de atividades e ocupação antrópica de zonas de vertente, e simultaneamente hierarquizar estas de acordo com a sua importância quer para o risco, quer de serem abordadas na legislação em estudo, ainda que tal acção esteja sujeita a alguma subjetividade por parte de quem a faz. Assim, a análise efetuada apresenta-se na seguinte **Tabela 26**, na qual estão identificados os Regulamentos dos respetivos PDM de cada município que compreendem efetivamente as variáveis consideradas como relevantes, e ainda a hierarquização feita entre estas, dividindo-as em primárias e secundárias, segundo uma proposta feita pelo autor, de acordo com o que é conhecido quanto aos seus efeitos e influências sobre este risco.

Tabela 26 - Análise das variáveis consideradas relevantes para o risco.

Hierarquização	Variáveis	Arcos de Valdevez	Gondomar	Lisboa	Maia	Matosinhos	Porto	Póvoa de Lanhoso	Valongo
Variáveis Primárias	Movimentos de Massa	Sim	-	Sim	-	-	-	-	-
	Inundações	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim	-
	Sismos	-	-	Sim	-	-	-	-	-
	Susceptibilidade Geológica	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim	Sim
	Declives Acentuados	Sim	Sim	Sim	-	-	Sim	Sim	Sim
	Movimentações de solo	Sim	Sim	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Alterações Topografia	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Variáveis Secundárias	Impermeabilização	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-	Sim
	Desflorestação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-
	Remoção da Vegetação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Drenagem	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	-	-
	Erosão e Degradação do Solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-	Sim	Sim

Através da compilação feita é possível então constatar que os Regulamentos dos PDM analisados não são totalmente homogêneos entre si. Verificou-se que municípios como o de Gondomar, Maia e Matosinhos apresentam algumas lacunas, fundamentalmente no que toca à consideração de fenómenos como movimentos de massa e outros desencadeadores destes, nomeadamente sismos e inundações, que já por si só são variáveis de importância significativa para a segurança da população do município.

É necessário referir também que algumas das variáveis identificadas na **Tabela 26**, embora sejam equivalentes em teoria, como é o caso da drenagem e impermeabilização, assim como da remoção de vegetação e desflorestação, são consideradas separadamente devido às medidas

práticas que estas implicam e a forma como são abordadas nos Regulamentos analisados, que as explicitam de diferentes formas. Efetivamente, as forma como estas são apresentadas é bastante diferente.

No caso da impermeabilização, por exemplo, verifica-se uma dispersão considerável na forma como esta é considerada, e em que momentos do regulamento é abordada. Em alguns casos esta é abordada sistematicamente com limites máximos percentuais de área que pode ser impermeabilizada em cada situação de urbanização. Noutros casos surge apenas esporadicamente e aplicada apenas em algumas tipologias de uso do solo.

O mesmo sucede com a desflorestação, que em alguns regulamentos é apenas incluída na secção relativa às Reservas Ecológicas Naturais (REN) e Reservas Agrícolas Naturais (RAN), enquanto que noutros é compreendida numa maior extensão, sendo abordada em secções próprias. Em outros regulamentos ainda, esta é apenas levemente considerada ou agrupada com diretivas relativas à vegetação e espaços verdes.

A variável secundária que apresenta uma menor presença nos PDM analisados é a drenagem, estando presente apenas em 4 dos 8. Especula-se que tal se deva a uma falta de atenção quanto ao fator como pertinente para a segurança da população, no que diz respeito a riscos como o da movimentação de massas em zonas de vertentes e inundações, ou então devido à aplicação de medidas no que toca à impermeabilização dos solos, o que embora seja semelhante, acaba por ser um fator distinto, já que a drenagem implica também a instalação de infra-estruturas específicas com o propósito da condução e circulação das águas para destinos específicos, e não apenas a existência de áreas que permitam a infiltração da água no solo e a recarga de aquíferos.

Para além dos regulamentos dos respetivos PDM, verificou-se que os restantes elementos constituintes do plano, nomeadamente as cartas de condicionantes e de ordenamento apresentaram-se na sua grande maioria como aquém das expectativas no que tocam ao principal foco do presente trabalho. Efetivamente, o único município que apresenta uma preocupação clara e explícita no que toca ao risco de movimentos de massas em zonas de vertentes é o de Lisboa, sendo que em todas as cartas analisadas para os 8 municípios, é apenas a carta de condicionantes de Lisboa que apresenta uma identificação e classificação inequívoca de áreas do território como perigosas e condicionadas por este risco em específico. Em alguns outros casos, como referido nas suas respetivas secções, as cartas de condicionantes e ordenamento apresentam a identificação de zonas *non aedificandi* e sujeitas a fatores de risco. No entanto, a razão para tal não se encontra totalmente explicada, podendo dever-se a um conjunto de fatores que podem ou não incluir o risco em questão. Esta questão acaba por demonstrar um outro potencial problema, que é o facto de que a inexistência de um mapeamento de risco adequado nestas componentes dos Planos Diretores Municipais face a movimentos de massa potencialmente implica uma lacuna e dificuldade na articulação e construção do Plano Municipal de Emergência da Protecção Civil, de acordo com o que a Autoridade Nacional da Protecção Civil (ANPC) define no PROCIV #6 (Catita, Cardoso et al. 2007). Caso estas directrizes sejam devidamente aplicadas, poderiam ser definidas medidas de protecção a tomar quer na fase de emergência como na fase de reabilitação. Tal passaria por organizar equipas de resposta a este tipo de situações sediadas em localizações viáveis, a instalação de infra-estruturas de comunicação, transporte e troca de informação, serviços médicos e policiais, e por exemplo centros de monitorização de fatores conhecidos como desencadeadores destes fenómenos, nomeadamente pluviosidade intensa, nível freático e atividade sísmica (Catita, Cardoso et al. 2007, Larsen 2008). Daqui claramente se constata a importância da criação de um PDM e a forma como a qualidade deste é capaz de condicionar não só aquilo que lhe diz respeito diretamente, mas todo um complexo e dinâmico sistema, no que toca à segurança das populações.

Em suma constata-se que o PDM com maior grau de lacunas no que toca a este foco de estudo é claramente o de Gondomar, enquanto que o mais completo surge como o PDM de Lisboa. Tal não seria de suspeitar, já que o PDM de Lisboa tem a sua qualidade comprovada inclusive pelo

reconhecimento internacional resultante da atribuição de um prémio de excelência a este pela International Society of City and Regional Planners (ISOCARP) em 2013.⁷³

Verifica-se então que a disparidade existente entre Planos Directores Municipais é consideravelmente acentuada, não existindo um fio condutor homogéneo no regulamento destes, não só no que toca à problemática dos riscos associados a movimentos de massa em zonas de vertentes.

Tal ocorrência pode ser devido a um número considerável de fatores, sejam estes de ordem social, económica, jurídica, etc. Em primeiro lugar, um dos argumentos mais lógicos e que influencia imediatamente a forma como o PDM é construído são os próprios responsáveis pela sua criação, nomeadamente as respetivas autarquias. São estas que alocam funcionários, criam equipas especificamente para o objetivo, que divergem entre si de município para município, seguindo por vezes ideologias e objetivos diferentes, dando atenção a pormenores diferentes e utilizando metodologias diferentes. Adicionalmente, o fator temporal, que implica mudanças na composição das autarquias e dos responsáveis pela elaboração e atualização do PDM é claramente importante. Este fator temporal é também consideravelmente influente noutro ponto relacionado com o anterior, no que é relativo à antiguidade do próprio PDM. Tal é facilmente constatavel pela disparidade observada em PDM mais antigos, como é o caso de Matosinhos e Gondomar, que datam, respetivamente, de 1992 e 1995, ainda que tenham sofrido ligeiras alterações mais recentemente. Não obstante, estes apresentam lacunas mais acentuadas, quando comparados com outros PDM mais recentes como o do Porto e de Lisboa, que datam do ano de 2012. Isto é evidente por exemplo, no que toca às suas cartas de ordenamento e condicionantes, que são fundamentalmente as mesmas que foram publicadas aquando da publicação dos respetivos regulamentos, e apresentam um nível de detalhe e pormenor inferior quando comparadas às demais.

Um outro fator que pode ser influente no conteúdo dos PDM é o próprio histórico de ocorrências de fenómenos de movimentos de massas. Espera-se que em localidades nas quais este tipo de ocorrências é mais frequente existirá uma maior atenção e preocupação direccionada para a minimização das consequências de tais problemas, que pode ser quer duma perspectiva preventiva como protetora. Como tal, uma forma de efetivamente prevenir a ocorrência destes fenómenos e inerentemente as consequências que daí advêm é através de instrumentos de gestão territorial como os Planos Directores Municipais, que condicionam e até impedem a ocupação antrópica em zonas susceptíveis. Este fator aparenta ser influente no caso dos municípios analisados neste trabalho, já que alguns municípios como os de Gondomar, Matosinhos, Valongo, Maia e Póvoa de Lanhoso apresentam uma ausência de ocorrências (pelo menos depois do ano de 2000) associadas a este fenómeno natural, e coincidentemente apresentam uma clara ausência de referências e diretivas explícitas para com o fenómeno nos seus regulamentos e cartas de condicionantes e ordenamento. Por outro lado, surgem também casos particulares, nomeadamente os de Arcos de Valdevez e Lisboa, municípios nos quais este histórico já é mais alargado, e frequentemente associado a consequências que incluem vítimas mortais, desalojamento de famílias e danos materiais consideráveis (Teixeira 2005, Soares and Bateira 2013). Nestes casos, a preocupação expressa pelas implicações legais presentes nos documentos dos seus respetivos PDMs relativamente a movimentos de massa é substancialmente maior, existindo artigos concretos e específicos para este fenómeno. No caso de Lisboa, tal transparece ainda no que toca às suas cartas de condicionantes, existindo uma delimitação e classificação das zonas de risco. Esta questão da existência ou não de um maior histórico de ocorrências de movimentos de massa nos municípios considerados pode também ser um indicador da susceptibilidade inerente destes ao risco em questão. Verifica-se que os municípios associados a poucos ou até nenhuma ocorrência registada são aqueles que se encontram associados a zonas de

⁷³ <http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/isocarp.pdf> (acedido em 25/05/2014)

inclinações relativamente menores. Por outro lado, os municípios que apresentam um histórico mais alargado, são localidades que naturalmente se encontram associados a um ou outro fator influente para o aumento do risco da ocorrência de movimentos de vertentes. Exemplos deste tipo de fatores podem ser declives acentuados, como é o caso de Arcos de Valdevez, ou zonas extremamente populadas e associadas a fenómenos naturais despoletadores de movimentos de massas em vertentes, como sismos, que é o caso de Lisboa. Note-se, também, que grande parte das ocorrências registadas deste tipo de fenómenos encontram-se associadas a atividades antrópicas ligadas à movimentação de terras, ou a climas de chuva e tempestades intensas e/ou prolongadas, fenómeno já constatado por outros observadores (ANCP 2010, Soares and Bateira 2013, Pereira, Zêzere et al. 2014). Escusado será dizer, também, que podem existir algumas ocorrências de movimentos de massa que são apenas registadas localmente ou até nem mesmo a este nível, no caso de não causarem consequências particularmente desastrosas, pois não atingiram nenhum ser humano ou causaram dano material. A título de exemplo, um movimento de massa de escala reduzida ou média que se dê num ambiente rural, longe de estradas ou casas, pode passar totalmente despercebido, apesar do risco deste ocorrer sempre ter existido. Tal argumento já foi também constatado por outros autores, como (Bateira, Pereira et al. 2008).

Surge desta forma um outro elemento de comparação, nomeadamente o grau de urbanização e densidade populacional de cada município. Tendo em conta este fator, é possível constatar que este acaba por ter alguma relevância. Verifica-se que, alguns dos Planos Diretores Municipais mais completos, em termos gerais, correspondem às zonas de maior grau de urbanização e densidade populacional, nomeadamente o Porto e Lisboa. Esta conclusão acaba por ser intuitiva, já que é uma preocupação prioritária para as autarquias de zonas densamente povoadas a gestão territorial e ocupacional mais eficiente possível, já que esta tende mais para ser escassa do que em excesso. Do ponto de vista da prevenção e proteção civil é também influente, já que uma maior população e grau de urbanização implicam uma melhor gestão dos riscos associados de forma a minimizar a exposição dos mesmos. Isto acaba por ser demonstrado sobretudo nos municípios acima referidos, nos quais existe uma demonstração de clara preocupação com riscos associados a inundações, e ainda sismos e movimentos de massa, no caso de Lisboa. Não obstante, outros municípios menos populados, que podem ser considerados até “rurais” na falta de um termo melhor, apresentam também algumas destas preocupações, como é o caso de Arcos de Valdevez e Póvoa de Lanhoso. Tal provavelmente deve-se a outros fatores como a propensão da área para a ocorrência deste tipo de problemas e as próprias preocupações dos responsáveis, que acaba por ter um peso superior ao fator discutido. Adicionalmente, verifica-se que zonas bastante urbanizadas, como é o caso de Matosinhos, Gondomar e Valongo, que possuem até áreas consideráveis urbanizadas e industrializadas, apresentam PDM cuja profundidade de atenção ao tema dos movimentos de vertentes e fatores influentes é reduzida.

Finalmente, é necessário ter em conta a vertente económica. Para que uma câmara municipal seja capaz de estruturar um PDM adequado a todas as suas necessidades e preocupações, é muitas vezes necessária a criação de uma equipa multidisciplinar, ou a contratação de serviços externos para o efeito, implicando quantias significativas de fundos, que por vezes estas podem não possuir ou cuja prioridade de aplicação está destinada a outros objetivos (Larsen 2008).

5.2 Propostas de Melhoria

Dadas as consequências conhecidas para os fenómenos de movimentos de massa, assim como a forma como estes originam e se desenvolvem, a necessidade de existirem diretivas, instrumentos e mecanismos que sejam capazes de prevenir e minimizar estas surge como um ponto pertinente. Isto, particularmente considerando municípios e locais cujo grau de urbanização e densidade populacional exercem uma elevada pressão sobre o sistema, que como sabemos pode potenciar o acontecimento deste tipo de fenómenos. Desta forma, a existência de um instrumento de gestão

territorial como um PDM que seja capaz de abordar e estabelecer medidas explícitas de ação e prevenção contra este risco acaba por ser um fator que pode ser considerado como importante para uma dada autarquia. É nesta base que surge a seguinte secção deste trabalho, na qual são abordadas algumas medidas a tomar e fatores a ter em conta para o desenvolvimento de PDMs que considerem devidamente esta problemática, tentando colmatar algumas das lacunas constatadas nos municípios analisados.

5.2.1 Metodologia de Inventariação de Ocorrências

Um primeiro passo que seria de extrema importância para o propósito do desenvolvimento de um Plano Diretor Municipal que atentasse ao risco de movimentos de vertentes seria um levantamento de fatores de ocorrências e uma inventariação dos mesmos, de forma a, em primeiro lugar constatar o grau de risco a que o município se encontra exposto, e em seguida analisar quais os fatores desencadeantes de tais ocorrências.

Tal permitiria assim identificar dentro da localidade zonas com maior propensão para a ocorrência destes fenómenos, o que juntamente com a identificação dos principais fatores influentes poderia permitir a tomada de ações na construção do PDM que promovessem a segurança da população (Bateira and Abreu 2003, Gomes and Chaminé 2005, Silva 2009, Chaminé, Afonso et al. 2010, Soares 2013).

Para que tal seja possível e executado duma maneira prática, mas completa e detalhada, é sugerida a metodologia de inventariação utilizada por (Teixeira 2005) como uma diretriz sólida para o efeito, sendo que coincidentemente esta foi aplicada no município de Arcos de Valdevez.

Esta pode ser dividida fundamentalmente em duas fases. Uma primeira fase, a qual decorre no campo, e que consiste no levantamento dos parâmetros de maior importância por análise in-situ. Estes, em termos gerais, são os seguintes:

- Morfologia do movimento – orientação do movimento, tipo de cisalhamento, declive da área afetada, tipo de cicatriz onde se desencadeia o movimento;
- Morfometria do movimento – extensão do movimento, comprimentos e larguras das áreas de depleção e acumulação;
- Morfodinâmica – tipo de movimento; área de alcance, estado da atividade;
- Morfologia da vertente – extensão, declive, perfil e altitude máxima;
- Hidromorfologia – densidade da rede de drenagem, linhas de água;
- Fator antrópico – tipo de uso do solo, alterações de perfil natural das vertentes, cargas sobre taludes;
- Geologia – tipo de rocha e substratos existentes, existência e tipologia de formações superficiais, extensão e dimensões.

Para além dos fatores acima mencionados, são ainda recolhidas as coordenadas GPS, data da análise, identificação espacial e ainda eventuais relatos e testemunhos existentes, aquando da realização da análise.

A segunda fase desta metodologia de levantamento consistiria no tratamento dos resultados, que se traduz na produção de cartografia, mais especificamente em mapas de declives, exposição de vertentes, mapas de relevos e esboços morfológicos, assim como o mapeamento e localização de cada uma das ocorrências inventariadas (Teixeira 2005). Tal informação, quando devidamente articulada num sistema de informação geográfica (SIG) e correlacionada com outras informações relativas à geomorfologia, litologia e ocupação antrópica do município promovem então a avaliação e estabelecimento de zonas de risco de ocorrência de movimentos de massa em vertentes, condicionando assim o ordenamento do território e permitindo adotar uma política preventiva face a este perigo. Esta questão será abordada com maior detalhe na secção seguinte.

É necessário salientar também que para que seja possível aplicar esta metodologia numa política de análise *in situ*, é necessário antes de mais identificar quais os locais que efetivamente devem ser visitados, ao invés de uma exploração sem direção concreta. Para que isto seja possível, a opção mais viável seria a inclusão na equipa de análise de alguém conhecedor do município e preferencialmente com habilitações para tal, além de ser recomendada também uma pesquisa bibliográfica de ocorrências deste tipo nos jornais e outros meios de informação locais. O Dr. Narciso Ferreira, membro do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) propõe precisamente uma abordagem deste género, tendo participado um projeto de estudo da susceptibilidade de um município ao risco de movimentos de vertentes, precisamente com o intuito de atualizar o respetivo PDM quanto a este tema. O desenvolvimento deste projeto é abordado com maior pormenor na **Secção dos Anexos**. Outras formas de identificação destes locais poderia ser recorrendo a fotografia aérea e análise de imagens de satélite, afim de identificar movimentações no terreno, e ainda, no caso de zonas edificadas, através da análise das próprias estruturas, no que toca às suas fundações e alterações estruturais (Silva 2009, Chaminé, Afonso et al. 2010).

5.2.2 Cartas de condicionantes e ordenamento

Aplicada uma metodologia igual ou idêntica à em cima referida, é possível então correlacionar os dados obtidos e efetivamente produzir um conjunto de informações passíveis de serem utilizadas como elemento de inclusão no PDM, nomeadamente no que toca às cartas de condicionantes e/ou de ordenamento. O que se pretendia seria um cruzamento de dados que permitisse a criação de um mapa de risco de movimentos de vertentes, com diferentes classes. Numa primeira instância, uma associação entre declives, hidrografia e litologia seria suficiente para estabelecer este zonamento de acordo com um conjunto de classes alusivas a diferentes graus de risco. Este seria de utilidade considerável, já que poderia ser utilizado no desenvolvimento nas cartas de condicionantes e de ordenamento, estabelecendo zonas de risco onde seria proibida a ocupação antrópica e a exploração do território, e evitando o ordenamento do solo para usos de urbanização e industrialização em zonas propícias a estas ocorrências. De fato, metodologias semelhantes já foram aplicadas, nomeadamente a correlação entre mapas de declives, densidade populacional e ocorrências (Robinson and Spieker 1978).

Numa fase posterior, esta análise e mapeamento de risco poderia ser efetuada com um maior detalhe, considerando outras variáveis, como a localização de ocorrências passadas, a geomorfologia e litologia da zona quer em termos de substrato, quer de formações superficiais, assim como o grau de alteração em que as vertentes se encontram (Robinson and Spieker 1978, Chaminé, Afonso et al. 2010). Seria neste ponto que outros tipos de cartografia, como as cartas geológicas e os levantamentos geodinâmicos e morfológicos seriam também necessários (silva, 2009). Verifica-se que atualmente este tipo de informação tem vindo a ser desenvolvida e publicada, como é possível constatar por (Ferreira, Iglesias et al. 1987, Chaminé, Afonso et al. 2010). Todas estas variáveis poderiam ser registadas numa base de dados específica para o efeito, que será abordada no subcapítulo seguinte.

Dr. Narciso Ferreira aquando do seu trabalho de estudo do perigo de movimentos de vertentes para atualização do PDM dum dado município, também aplicou uma metodologia semelhante, tendo sido produzido um mapa de risco no qual eram abordadas algumas destas variáveis, e cuja informação se encontrava disposta em 4 classes de risco. É necessário mencionar, no entanto, que esta abordagem pode ser algo subjetiva, devido à relativa simplicidade na forma como a informação é apresentada. Não obstante, acaba por ser uma aproximação válida à realidade e viável para os objetivos propostos. O trabalho por este efetuado é abordado com maior pormenor na **Secção dos Anexos**. Outros investigadores também já utilizaram abordagens de metodologia semelhante a esta (Bateira, Pereira et al. 2008, Larsen 2008, Press and Siever 2001, Robinson

and Spieker 1978), inclusive mapear as zonas de maior risco quanto à ocorrência de movimentos de vertentes e inundações no distrito do Porto (Bateira, Pereira et al. 2008).

Adicionalmente, a inclusão de uma análise e associação do risco sísmico ao estudo em questão seria pertinente, já que a sismicidade pode ser um elemento desencadeador de movimentos de vertentes (Press and Siever 2001).

Uma outra abordagem interessante seria a da criação de um mapeamento de risco de movimentos de vertentes idêntico ao que é aplicado para as zonas de cheias. Desta forma seria possível estabelecer o que é communmente designado como uma zona de “buffer” ou zona de segurança, de forma a melhor rentabilizar o território, garantindo simultâneamente um fator de segurança que colocasse as populações fora do alcance de eventuais fenómenos deste tipo. Para que tal fosse exequível seria então necessário definir uma metodologia que provavelmente se assemelharia às sugestões presentes na secção anterior e na presente, ainda que a um maior nível de detalhe, produzindo no final uma classificação do território de acordo com um “índice de risco” calculado. Existiriam no entanto alguns entraves, que se relacionam principalmente com a elevada complexidade e miríade de variáveis intervenientes neste processo, que por si só são um obstáculo à aplicação de um algoritmo uniformizado para este cálculo (Husein Malkawi, Hassan et al. 2000, Soares 2013). No entanto, relembra-se que existem outras metodologias, que embora não se baseiem na aplicação e cálculo de algoritmos formulados, podem também originar resultados quantitativos ou qualitativos relevantes, nomeadamente métodos de avaliação relativa como modelos estatísticos de valor informativo e regressão logística (Soares 2013). Mantendo o paralelismo com as cartas de ocupação de zonas de risco de inundação, a criação de uma diretiva europeia ou pelo menos legislação nacional análoga à Diretiva n.º 2007/60/CE ou ao Decreto-Lei n.º 115/2010 aplicadas à problemática dos movimentos de vertente poderia ser um forte instrumento de promoção de medidas preventivas face a este risco.

5.2.3 Criação de uma Base de Dados

Com base no que foi abordado nos subcapítulos anteriores, denota-se então a importância da existência de uma base de dados informatizada capaz de reter e sistematizar toda a informação associada ao subcapítulo prévio, ou seja todo o levantamento in e ex situ de ocorrências deste tipo de fenómenos, já que permitiria não só o encadeamento desta informação com a produção de cartografia e subsequentemente mapeamento de risco adequado, mas também abriria o caminho para o estudo e análise estatística de correlações entre os principais fenómenos desencadeantes observados e os próprios movimentos ocorridos. Verifica-se que a nível nacional existe já uma base de dados que segue esta ideologia, no âmbito do projecto de investigação Disaster - Desastres naturais de origem hidro-geomorfológica em Portugal: base de dados SIG para apoio à decisão no ordenamento do território e planeamento de emergência (Soares 2013). Esta constitui um levantamento extensivo de todos os fenómenos de movimentos de vertentes e cheias que originaram danos pessoais no período temporal compreendido entre 1865 e 2010. Mais recentemente, (Pereira, Zêzere et al. 2014) apresentam um estudo comparativo entre os resultados obtidos por levantamentos desta tipologia, um limitado apenas para o Norte de Portugal, e baseado em levantamentos bibliográficos de jornais regionais e locais, relatórios da Proteção Civil e estudos académicos e outro para todo o país, baseado também em fontes deste tipo. Neste estudo verificou-se então alguma disparidade nos resultados, o que se atribuiu não só às diferentes fontes do mesmo tipo consideradas (nomeadamente no que toca aos jornais e fontes de informação locais e regionais), mas também devido a problemas normalmente associados a este tipo de fontes. Estes são principalmente a falta de conhecimento científico para identificar o tipo de movimento e as suas causas, a falta de informação e pormenor no que toca à sua localização espacial exata e a relativização com que estes fenómenos são considerados no domínio local quando comparado com o domínio regional, principalmente quando as

consequências de tais fenómenos não são tão “dignas de nota” por não resultarem em consequências de dano humano. O mesmo acaba também por suceder no que toca a relatórios da Proteção Civil, que apenas são emitidos em caso de consequências que impliquem intervenção (Pereira, Zêzere et al. 2014). Adicionalmente, foi também comparado um exemplo dum levantamento geomorfológico de metodologia semelhante ao proposto no **Subcapítulo 5.2.1.** do presente trabalho com os resultados das bases de dados obtidas, sendo que foi comparada uma disparidade considerável. Esta traduziu-se fundamentalmente num maior número de ocorrências identificadas e analisadas com o devido rigor científico, mas cuja precisão em termos temporais é menor (Pereira, Zêzere et al. 2014).

Daqui retira-se que a melhor solução seria a construção de uma base de dados que articulasse não só o levantamento “bibliográfico” de todas as ocorrências de movimentos de vertentes a nível nacional, mas também um registo completo das propriedades geomorfológicas e afins destas ocorrências, assim como as consequências por estas originadas. Uma forma de facilitar este sistema seria a partir do estabelecimento de equipas especificamente desginadas para o efeito alocadas e responsabilizadas por cada município, ou pela própria responsabilização dos municípios face ao estado.

Assim sendo, seria de interesse nacional a expansão e desenvolvimento deste projeto ou algo semelhante, promovendo o seu crescimento quer em colaboradores, quer em recursos, de forma a melhorar significativamente o mapeamento de risco de cada município.

5.2.4 Inclusão e consideração de variáveis chave no regulamento

Uma outra solução, esta de teor mais orientado para a legislação seria a consideração e introdução de medidas legislativas relativas às variáveis promotoras do risco de movimentos de massas em zonas de vertente nos regulamentos dos PDM. Isto permitiria assim estabelecer imposições legais e vinculativas que impediriam ações antrópicas que promovessem a sujeição das populações ao risco em questão. Como tal, é dada a sugestão de considerar de forma adequada e atentivamente pelo menos as variáveis abordadas na secção de Sistematização da Análise Efetuada, que em seguida serão apresentadas segundo uma hierarquia sugerida pelo autor, em ordem ascendente de importância, e acompanhadas de uma breve explicação do que devem consistir.

- Movimentos de massa – estabelecer a proibição de edificar em zonas classificadas como de perigo em termos de movimentos de massa em vertentes, zonas geologicamente instáveis e semelhantes, e zonas definidas como tal em função das cartas de condicionantes e ordenamento, ou pelo menos implicar a necessidade de uma análise pormenorizada do impacto antrópico e possibilidade de ocorrência do fenómeno que pode ser originado pela atividade, caso a caso;
- Declives acentuados – impedir ou condicionar a ocupação de zonas de declives acentuados, promover a análise da instabilidade destas de acordo com cada caso, assim como medidas técnicas de prevenção de movimentos de massa em casos aplicáveis e que se justifiquem;
- Inundações – implementar o mapeamento e classificação das zonas de risco de cheias quando aplicável e condicionar ou proibir a sua ocupação conforme seja adequado, promover medidas preventivas no que toca a zonas de vertentes potencialmente instáveis em zonas de cheia;
- Susceptibilidade geológica – promover um estudo e caracterização geológica do território de forma a aferir a sua susceptibilidade geológica e a consequente propensão e vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de massa, proibição e condicionamento de atividades e ocupação em zonas comprovadas como tal, e até em caso de comprovação de

susceptibilidade medidas técnicas de estabilização de taludes como as abordadas no Capítulo Estado da Arte do presente trabalho;

- Sismicidade – determinar a susceptibilidade do território a fenômenos sísmicos, condicionar ou proibir a ocupação de áreas que se encontrem em zonas consideradas de perigo e promover a adoção de medidas preventivas e reativas em zonas potencialmente afetadas;
- Movimentações de solo e alterações de topografia – determinar o impacto que este tipo de atividades antrópicas podem causar e condicionar obras desta tipologia de acordo com a aprovação da câmara, mediante estudos e pareceres de peritos que indiquem o não comprometimento da estabilidade das zonas de vertentes;
- Drenagem – estabelecer a obrigação da implementação de sistemas de drenagem adequados de acordo com a área de ocupação e sobretudo em zonas de vertentes de declives acentuados ou com um histórico de ocorrências associado a inundações e/ou climas de chuva intensa;
- Remoção da Vegetação e Desflorestação – condicionar atividades antrópicas que impliquem remoções exacerbadas de vegetação em zonas de vertentes, estabelecer percentagens mínimas de “áreas verdes” em casos adequados. A questão da desflorestação pode ou não ser abordada separadamente, já que esta muitas vezes tem de ser obrigatoriamente considerada também no que toca às REN e áreas florestais;
- Impermeabilização – condicionar a ocupação e uso do solo sob limites máximos de área impermeabilizada permitida;
- Erosão e degradação do solo – controlar atividades que contribuam para a degradação do solo e promovam a sua erosão, através da proibição da execução de determinadas atividades ou pela implementação de medidas preventivas e mitigadoras das consequências.

Desta forma, crê-se que a disposição legal de medidas relativas a estas variáveis, devidamente abordadas do ponto de vista da prevenção da ocorrência destes fenômenos, seria um primeiro passo de extrema importância para a promoção da segurança municipal, ainda que mais em alguns casos que outros.

5.2.5 Linha condutora / homogeneização

Uma outra medida que seria benéfica para a o enriquecimento dos Planos Diretores Municipais seria o de desenvolver um guia orientador para a estruturação e atualização dos vários elementos deste instrumento de gestão territorial. Desta forma, existiria um documento nacional que estabeleceria diretrizes base e pontos fundamentais que teriam de ser incluídos nos PDMs, de forma a que não existissem tantas diferenças e lacunas entre os PDMs de diferentes municípios, numa tentativa de homogeneizar os documentos a nível nacional. Por consequência, a interpretação dos regulamentos por parte dos utilizadores seria mais clara, e não existiriam abordagens diferentes e divergentes para um mesmo conceito, como por vezes sucede no presente, o que pode ser motivo de confusão e desentendimento.

No que toca ao tema do presente trabalho, existiriam então neste guia orientador diretrizes relativas à abordagem a tomar pelos municípios no que toca à problemática dos movimentos de massa em zonas de vertente. Estas passariam por estabelecer pontos chave e considerações indispensáveis que seriam implementadas no regulamento, assim como definir os elementos que devem estar imperativamente contidos nas cartas de condicionantes e de ordenamento.

Ainda dentro desta temática, existem múltiplos organismos nacionais e governamentais que poderiam prestar apoio neste sentido. Relativamente a movimentos de vertentes, o LNEG, por exemplo, seria uma organização com as qualificações certas para fazer um estudo adequado que

permitisse cumprir as diretivas desejadas, quer sendo sub contratado pela autarquia ou mandatado pelo estado como equipa de apoio.

Efetivamente isto já sucedeu, como se verificou no testemunho prestado pelo Dr. Narciso Ferreira, que com uma equipa de 6 elementos acompanhados por 2 colaboradores destacados e pertencentes a uma câmara municipal, foram capazes de fazer um estudo compreensivo em 6 meses, de um município quanto à sua susceptibilidade face a movimentos de vertentes, efetuando um mapeamento de risco que permitiu identificar as zonas com maior propensão e vulnerabilidade face à ocorrência deste tipo de fenómenos. Por sua vez, este estudo permitiu assim o desenvolvimento do respetivo PDM, adequando a gestão do território e a sua população às condições de segurança desejáveis. O trabalho por este efetuado é abordado com maior pormenor na **Secção dos Anexos**.

Adicionalmente, a criação deste tipo de equipas associadas ao governo teria uma outra vantagem, na medida em que funcionariam também como uma forma de “fiscalização”. O que isto significaria seria que os resultados dos estudos seriam sempre públicos, pelo que seria mais fácil prevenir e controlar casos de incúria e negligência por parte dos órgãos gestores, e simultâneamente sensibilizar as populações para situações de perigo que de outra forma se poderiam sujeitar por desconhecimento. Estas situações, como sabemos, não são assim tão pouco frequentes, tendo como exemplo os problemas associados à ocupação do Bairro das Fontainhas no Porto (Soares and Bateira 2013) e as arribas e encostas de Vila Nova de Gaia (Silva 2009, Chaminé, Afonso et al. 2010). Para além de promover o combate a problemas de negligência, esta medida seria também promotora de um maior nível de segurança pública (pelo menos no que toca a este fenómeno natural) desencorajando eventuais situações em que caso os estudos não fossem tornados públicos a segurança das populações seria menosprezada face a outros interesses económicos e sociais.

5.2.6 Esquematização da Metodologia Proposta

Em seguida é apresentada uma esquematização ilustrativa de toda a metodologia sugerida para a criação de cartografia de risco de movimentos de vertentes, que posteriormente pode ser aplicada às cartas de condicionantes e ordenamento dum Plano Diretor Municipal – **Figura 47**.

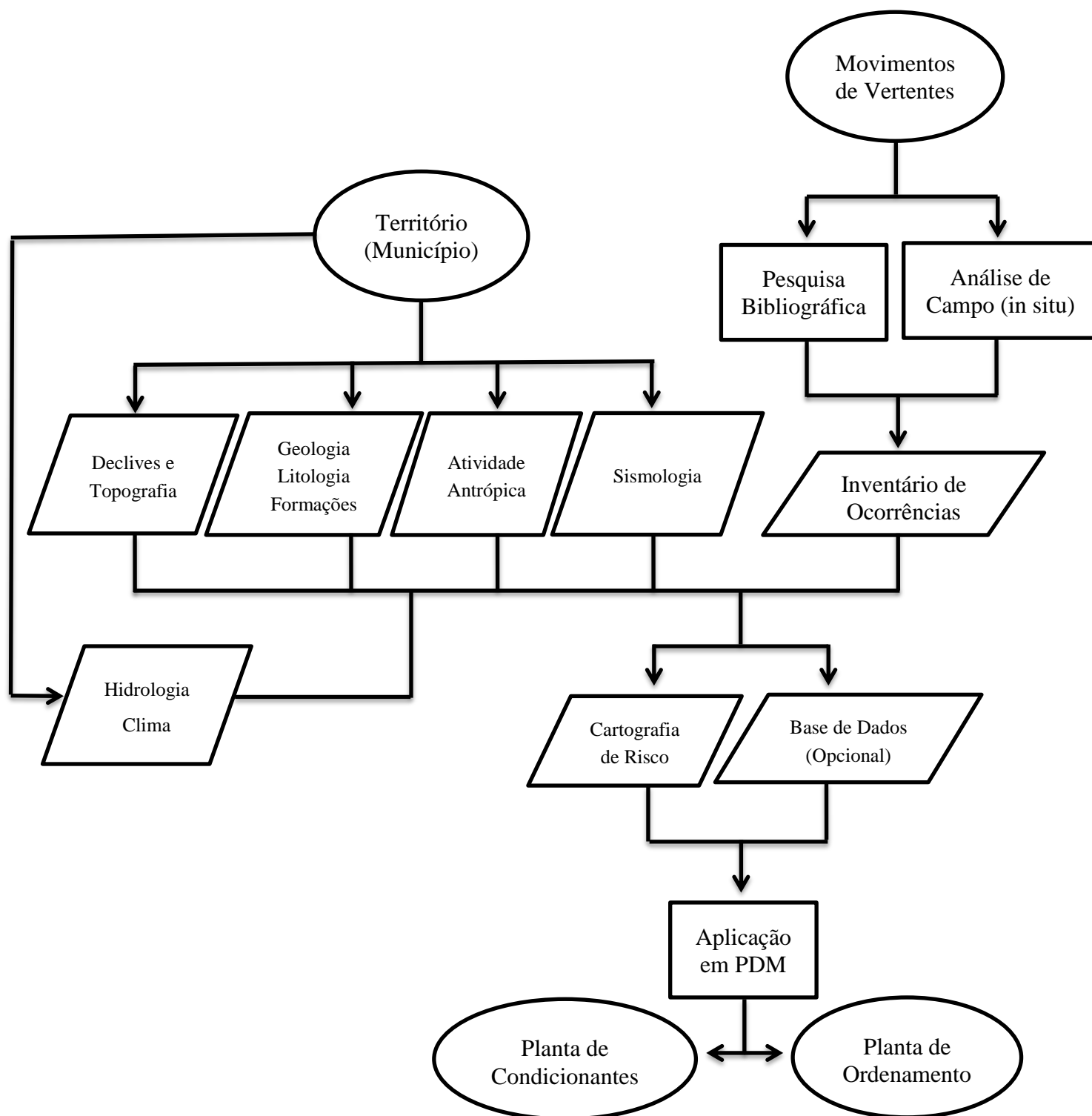


Figura 47 – Esquematização da Metodologia Proposta.

6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Conclusões

O presente trabalho, focado na análise de um conjunto de diferentes Planos Diretores Municipais de Portugal quanto à sua consideração de riscos associados a movimentos de vertentes, desenvolveu-se através da selecção e análise cuidada dos respetivos PDM dos municípios seleccionados quanto aos seus elementos constituintes. Tal surgiu das conhecidas repercussões que fenómenos de movimentos de massas e instabilidade em taludes provocam, e do fato de uma maneira eficaz de minimizar tais consequências seria pela redução do fator exposição, através da proibição de ocupação de zonas susceptíveis de tais ocorrências às populações. Sendo os Planos Diretores Municipais um dos principais instrumentos de gestão territorial a nível local, a importância em conhecer como estes abordam o risco mencionado seria um ponto pertinente na avaliação da segurança civil nos municípios portugueses.

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido no sentido de identificar lacunas, incoerências e divergências no que toca a esta questão e sugerir medidas e abordagens promotoras de melhoria nestes instrumentos de gestão territorial. Adicionalmente, procurou-se também compreender algumas das possíveis razões e variáveis influentes que explicassem as diferenças observadas entre estes documentos legais.

A execução deste trabalho levou então às seguintes conclusões.

Fatores Considerados no Regulamento

Verificaram-se diferenças consideráveis entre os Planos Diretores Municipais analisados, quer no que toca aos seus regulamentos, quer no que toca às suas cartas de condicionantes e ordenamento, relativamente à problemática de movimentos de massa em zonas de vertentes. Os principais pontos identificados nos diversos regulamentos como variáveis pertinentes para o estudo foram os seguintes: movimentos de massa; inundações; sismos; susceptibilidade geológica; declives acentuados; movimentações de solo e alterações de topografia como variáveis primárias, e impermeabilização; desflorestação; remoção da vegetação; drenagem e erosão e degradação do solo como variáveis secundárias.

A análise individual em função destas variáveis revelou Gondomar, Matosinhos, Valongo e Maia como os municípios com maiores lacunas nos seus regulamentos, e Lisboa e Porto como os mais completos.

Cartas de Condicionantes e Ordenamento

As cartas de condicionantes e ordenamento também revelaram um elevado grau de heterogeneidade, sendo que apenas o PDM de Lisboa define concretamente e especificamente zonas de risco associadas ao perigo de movimentos de vertentes no seu território. Quanto aos restantes municípios, a variabilidade de fatores considerados nestas cartas é elevada, sendo que os mais comuns entre estes as que dizem respeito a zonas *non aedificandi*, zonas de risco de inundações, infra-estruturas e a classificação de zonas de solo para uso urbano e industrial. Neste ponto são também os municípios de Lisboa e Porto aqueles que apresentam maior pormenor nos documentos.

Explicação para os resultados obtidos

Como principais explicações para o grau de diferenças observado foram considerados como fatores influentes: a antiguidade dos PDM; a densidade populacional e grau de urbanização dos municípios; a sua topografia e outros fenómenos que propiciam estas ocorrências; o respetivo histórico de ocorrências destes fenómenos e ainda a existência de fundos para tal. No entanto esta análise não foi muito alargada, devido à complexidade do problema e à forma como estas e

outras variáveis interagem entre si e afetam as decisões das câmaras. Dos fatores referidos aqueles que revelaram maior grau de correlação com os resultados da análise aos PDM foram a antiguidade dos mesmos e a existência de histórico de ocorrências e fatores potenciadores da susceptibilidade a este fenómeno.

Propostas de Melhoria

Adicionalmente foram propostas algumas medidas de melhoria dos PDM, de forma a promover uma maior componente preventiva no que toca à segurança civil através destes documentos.

Foi proposta uma metodologia de inventariação da ocorrências de fenómenos de movimentos de massa em zonas de vertentes, por pesquisa bibliográfica e observação de campo, que consistiria numa recolha pormenorizada de toda a informação geológica, hidrológica e morfodinâmica associada a estes e a criação de uma ficha de inventário semelhante às de (Teixeira 2005), acrescentado as consequências e danos resultantes destas ocorrências.

Aliada a esta primeira medida é sugerida uma segunda metodologia cujo objetivo reside no desenvolvimento das cartas de condicionantes e ordenamento dum dado PDM, através da correlação das informações recolhidas com um estudo compreensivo de todo o território no que toca à sua composição geológica e litológica, grau de alteração e existência de formações superficiais, topografia, declives, pluviosidade, atividade sísmica, entre outros. Tal permitiria assim a classificação das diversas zonas do território de acordo com um índice de risco quanto a este fenómeno, que poderia ser incluído ou adaptado às cartas de condicionantes e de ordenamento.

Surgiu também a ideia de estabelecer uma base de dados nacional que compreende-se e arquivasse toda a informação definida como pertinente anteriormente, que estaria à responsabilidade de cada município ou de um organismo específico do estado, sendo esta vantajosa em termos de consulta e elaboração e desenvolvimento das cartas de condicionantes e ordenamento, assim como para outros propósitos.

Uma quarta sugestão de melhoria aos PDM em geral seria a abordagem e consideração dos parâmetros identificados como pertinentes no seu regulamento de forma a estabelecer medidas que permitissem a minimização deste risco. Estes são identificados por ordem decrescente de importância: movimentos de massa; declives acentuados; inundações; susceptibilidade geológica; sismicidade; movimentações de solo e alterações de topografia; drenagem; remoção da vegetação e desflorestação; impermeabilização e erosão e degradação do solo.

Em função da considerável disparidade entre PDM, fruto da responsabilidade local de cada autarquia em redigir o seu, surgiu a sugestão de ser criado por uma autoridade a nível nacional um “guia orientador” para o desenvolvimento deste IGT, cujas diretrizes seriam de carácter vinculativo, e no qual estivessem presentes, entre outras, todas as questões consideradas como relevantes de inclusão num PDM, não só relativamente ao risco da ocorrência de movimentos de massa. Desta forma, as lacunas identificadas face a esta problemática seriam eliminadas, promovendo a segurança pública.

Em suma, constata-se a importância que um instrumento de gestão territorial como um plano diretor municipal pode ter no domínio da prevenção para a segurança pública, principalmente a nível da exposição ao risco, e como muitos PDM atualmente se encontram com algumas lacunas quanto ao risco do movimento de massas em zonas de vertentes. Espera-se assim que este trabalho possa de alguma forma sensibilizar a quem de direito quanto a esta problemática e que seja um primeiro passo para a solução.

6.2 Perspetivas Futuras

A execução deste trabalho permitiu a aquisição de algumas ilações potencialmente oportunas. No entanto, é clara a existência de algumas limitações.

Em primeiro lugar, seria de interesse alargar o número de municípios analisados, obtendo assim um maior grau de pormenor e representatividade quanto ao funcionamento e comportamento dos municípios face ao risco de movimentos de massa no ordenamento do seu território. Uma tipologia de município que não foi considerada mas seria interessante seria uma zona costeira como a do Algarve, cujas arribas se apresentam como formações geológicas propensas a fenómenos de movimentos de vertente como derrocadas, e cuja influência antrópica é bastante elevada. Seria também importante uma análise mais pormenorizada no que toca às razões e fatores que condicionam a produção e desenvolvimento de um PDM. No entanto, a complexidade da questão e a falta de informação disponível foram obstáculos difíceis de transpor. Este mesmo problema sucedeu também durante a análise das cartas de condicionantes e ordenamento, que só se encontravam disponibilizadas gratuitamente em formato digital, e por vezes apresentavam problemas de disposição e funcionamento. Uma forma de contrariar esta questão poderia ser através de um protocolo de cooperação com os municípios associados. Um outro ponto que teria enriquecido o trabalho seria uma análise *in situ* de eventuais casos reais de zonas de perigo de ocorrência destes fenómenos nos municípios considerados.

Notal Final

Fundamentalmente, a execução deste trabalho, quer pela sua fase de análise como de sugestão de melhorias teve como principal propósito o de expor a importância que um Plano Diretor Municipal tem como ferramenta promotora da segurança humana enquanto ferramenta de gestão, e como atualmente em Portugal estas ferramentas apresentam lacunas potencialmente perigosas, em termos da prevenção contra o risco da ocorrência de movimentos de massa. Assim sendo, espera-se que este seja capaz de sensibilizar as entidades responsáveis quanto a esta problemática, numa tentativa de melhorar a aplicação destes instrumentos. É também nesse sentido que surgiram as propostas de melhoria apresentadas, que podem vir a ser desenvolvidas independentemente, principalmente a questão da metodologia de análise e mapeamento de risco para este fenómeno.

BIBLIOGRAFIA

Referências

- (ANCP), Autoridade Nacional de Protecção Civil (2010). Anuário de Ocorrências de Protecção Civil. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Núcleo de Riscos e Alerta.
- (IFRC), International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2010). Uganda: Floods and Landslides in Eastern Uganda. www.ifrc.org, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC).
- Abramson, L. W. (2002). Slope Stability and Stabilization Methods, Wiley.
- Alejano, L. R., B. Pons, F. G. Bastante, E. Alonso and H. W. Stockhausen (2007). "Slope geometry design as a means for controlling rockfalls in quarries." International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences **44**(6): 903-921.
- Baskar, D. S. and D. R. Baskar (2009). Natural Disasters. New Delhi, Unicorn Publishers.
- Bateira, C. (2001). Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica. Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Bateira, C. and J. Abreu (2003). "Os problemas da cartografia dos riscos naturais. Contributos para a definição da susceptibilidade geomorfológica a partir da observação de vários movimentos de vertente ocorridos no Norte de Portuga." Territorium(10): 69-88.
- Bateira, C., S. Pereira, L. Martins and M. Santos (2008). "Susceptibilidade a movimentos de vertente e cheias repentinas no apoio à protecção civil." Revista de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto: 33-56.
- Burton, I., Kates, R. W. & White, G. F. (1993). The Environment as Hazard, Guilford Press.
- Caputo, H. P. (1988). Mecânica dos Solos e Suas Aplicações. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- Catita, A. C., I. M. Cardoso, M. J. Morgado, S. Guerreiro and V. F. d. Almeida (2007). Guia das Alterações ao Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial. Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
- Chowdhury, R. N. (1978). Slope Analysis, Elsevier Scientific Publishing Company.
- Cruden, D., M., and D. Varnes, J. (1996). Landslide Types and Processes. Landslides: Investigation and Mitigation. S. R. Transportation Research Board. Washington D.C., National Academy Press: 36-75.
- Dias, P. H. V., A. S. F. J. Sayão and F. O. Springer (2006). Estabilização de Taludes: Tirantes ou Grampos? XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica IV Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas. Curitiba, Centro Universitário Positivo - UNICENP.
- Dikau, R., D. Brunsden and M. L. Ibsen (1996). Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes. Chichester, John Wiley & Sons.
- Engineering, R. A. o. (1995). Landslides Hazard Mitigation with Particular Reference to Developing Countries. Great Britain.
- Evans, S. G., R. H. Guthrie, N. J. Roberts and N. F. Bishop (2007). "The disastrous 17 February 2006 rockslide-debris avalanche on Leyte Island, Philippines: a catastrophic landslide in tropical mountain terrain." Nat. Hazards Earth Syst. Sci. **7**(1): 89-101.
- Ferreira, N., M. Iglesias, F. Noronha, E. Pereira, A. Ribeiro and M. Ribeiro, L. (1987). Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. LNEG. Portugal, LNEG: 37-51.
- Gomes, A. and H. Chaminé, I. (2005). "Cartografia geológica e geomorfológica para a caracterização de riscos naturais à escala do planeamento regional - aplicação ao concelho de Castelo de Paiva (NW de Portugal)." Xeográfica, Revista de Xeografia, Território e Medio Ambiente(5): 86-106.

- Gray, D. H. and A. T. Leiser (1982). Biotechnical slope protection and erosion control, Van Nostrand Reinhold Company.
- Guthrie, R. H., P. Friele, K. Allstadt, N. Roberts, S. G. Evans, K. B. Delaney, D. Roche, J. J. Clague and M. Jakob (2012). "The 6 August 2010 Mount Meager rock slide-debris flow, Coast Mountains, British Columbia: characteristics, dynamics, and implications for hazard and risk assessment." Nat. Hazards Earth Syst. Sci. **12**(5): 1277-1294.
- Hasnawir, H. Omura and T. Kubota (2006). "Landslide Disaster at Mt. Bawakaraeng Caldera, South Sulawesi, Indonesia." Kyushu Journal of Forest Research **59**(2006.3): 269-272.
- Helder I. Chaminé, Maria José Afonso, José Teixeira, Rui Silva, Rosália Monteiro, Patrícia Moreira, João Paulo Meixedo, José Filinto C. Trigo (2010). "Da teoria à prática em geotecnia urbana de maciços rochosos: o exemplo da zona ribeirinha de Gaia", Tecnologia e Vida – Revista da Secção Regional do Norte da ANET (6): 39-45.
- Husein Malkawi, A. I., W. F. Hassan and F. A. Abdulla (2000). "Uncertainty and reliability analysis applied to slope stability." Structural Safety **22**(2): 161-187.
- Jibson, R. W. (2006). "The 2005 La Conchita, California, landslide." Landslides (2006.3): 73-78.
- Jones, D. B. (1991). Slope stabilisation experience in South Wales. Slope Stability Engineering - Developments and Applications. T. I. o. C. Engineers. London, Thomas Telford Ltd.
- Juventine, E. J. (2012). Landslide Hazards: Household Vulnerability, Resilience and Coping in Bududa District, Eastern Uganda, University of the Free State.
- Keller, E. A. (2012). Introduction to Environmental Geology, Pearson Education, Inc.
- Keller, G. and J. Sherar (2003). Low-Volume Roads Engineering - Best Management Practices Field Guide. U. A. f. I. D. a. U. D. o. Agriculture. California, US: 150.
- Larsen, M. C. (2008). "Rainfall triggered landslides, anthropogenic hazards, and mitigation strategies." Advances in Geosciences **14**: 147-153.
- Leóne, F. (1996). The concept of vulnerability applied to the assessment of mass movements risk. PhD, L'Universite Joseph Fourier Grenoble I.
- Lukose Kuriakose, S., G. Sankar and C. Muraleedharan (2010). Landslide fatalities in the Western Ghats of Kerala, India. EGU General Assembly Conference Abstracts.
- Nations, United. (2013). World Population Prospects - The 2012 Revision. New York: United Nations.
- Norris, J. E. (2008). Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions, Springer.
- Pankow, K. L., J. R. Moore, J. M. Hale, K. D. Koper, T. Kubacki, K. M. Whidden and M. K. McCarter (2014). "Massive landslide at Utah copper mine generates wealth of geophysical data." GSA Today **24**(1): 4-9.
- Pereira, S., J. L. Zêzere, I. D. Quaresma and C. Bateira (2014). "Landslide incidence in the North of Portugal: Analysis of a historical landslide database based on press releases and technical reports." Geomorphology **214**(0): 514-525.
- Pohll, G. M., R. W. H. Carroll, D. M. Reeves, R. Parashar, B. Muhunthan, S. Thiyagarajah, T. Badger, S. Lowell and K. A. Willoughby (2013). Design Guidelines for Horizontal Drains used for Slope Stabilization. W. S. D. o. Transportation, Desert Research Institute.
- Press, F. and R. Siever (2001). Understanding Earth, W. H. Freeman and Company.
- Robinson, G., D. and A. Spieker, M. (1978). Nature to be Commanded - Earth-science maps applied to land and water management. U. S. D. o. t. Interior. Washington, United State Government Printing Office.
- Selby, M. J. (1986). "Slope instability, D. Brunsdén and D. B. Prior (eds), Wiley, Chichester. 1984. No. of Pages 620. Price: £21.50." Earth Surface Processes and Landforms **11**(2): 230-231.
- Shaller, P. J., P. L. Shrestha, M. Doroudian, D. W. Sykora and D. L. Hamilton (2011). The 2005 La Conchita Landslide, California: Part 1 - Geology. 5th International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment. I. J. o. E. G. a. E.-. Book. Padua, Itália, Casa Editrice Università La Sapienza.
- Silva, M. C. d., A. Santos and M. Anderson (2009). Glossário de Protecção Civil. A. N. d. P. Civil.

- Silva, R. M. (2009). Geotecnia urbana da zona ribeirinha de Vila Nova de Gaia (Cais de Gaia, Santa Marinha – Lavadores, Canidelo): uma avaliação preliminar. Departamento de Engenharia Geotécnica. Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestrado: 367.
- Soares, L. and C. Bateira (2013). Movimentos de massa em vertentes no Norte de Portugal. Retrospectiva e actualização. Riscos naturais, antrópicos e mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. F. d. L. d. U. d. Coimbra. Coimbra: 367-383.
- Soares, L. B., C. (2013). Movimentos de massa em vertentes no Norte de Portugal. Retrospectiva e actualização. Riscos naturais, antrópicos e mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo. F. d. L. d. U. d. Coimbra. Coimbra: 367-383.
- Springer, F. O. (2006). Ensaio de arrancamento de grampos em solo residual de gnaiss. Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- Teixeira, M. (2005). "Movimentos de Vertente - Fatores de Ocorrência e Metodologia de Inventariação." Geonovas(19): 95 - 106.
- Teixeira, M., A., C. and M. Figueiredo, F., G., (2006). Inventário das Ocorrências de Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Thiebes, B. (2012). Landslide Analysis and Early Warning Systems, Springer Berlin Heidelberg.
- Tsou, C.-Y., Z.-Y. Feng and M. Chigira (2011). "Catastrophic landslide induced by Typhoon Morakot, Shialin, Taiwan." Geomorphology **127**(3-4): 166-178.
- Tsuchiya, S., K. Sasahara, S. Shuin and S. Ozono (2009). "The large-scale landslide on the flank of caldera in South Sulawesi, Indonesia." Landslides **6**(1): 83-88.
- Turner, K. and L. Schuster (1996). Landslides – Investigation and Mitigation. Special Report 247, National Research.
- Varnes, D., J. (1984). Landslide hazard zonation: A review of principles and practice - Natural Hazards. UNESCO. N°3: 63.
- Vicêncio, H., C. Graça and M. Guedes (2009). Cadernos Técnicos PROCIV #6. Manual para a Elaboração, Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na Vertente da Protecção Civil. A. N. d. P. Civil: 32.
- Zêzere, J., L., R. Trigo, M., M. Fragoso, S. Oliveira, C. and R. Garcia, A., C. (2008). " Rainfall-Triggered Landslides Occurred in the Lisbon Region in 2006: Validation of Regional Rainfall Thresholds and Relationships with the North Atlantic Oscillation." Natural Hazards and Earth System Sciences **8**(European Geosciences Union): 483-499.
- Zêzere, J. L. (1997). Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Doutorado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

Legislação

- Decreto-Lei n° 38 382, 7 de Agosto de 1951, Regulamento Geral das Edificações Urbanas.
- Lei n.º 2110/61, de 19 de Agosto de 1961, Regulamento Geral das Estradas e Caminhos Municipais
- Decreto-Lei n.º 13/71, de 23 de Janeiro de 1971, Disposições Relativas à Simplificação dos Serviços da Junta Autónoma de Estradas
- Decreto-Lei n.º 196/89, de 14 de Junho de 1989, Regime Jurídico da Reserva Agrícola Nacional
- Decreto – Lei n° 273/2003, de 29 de Outubro de 2003, Revisão do Regulamento das Condições de Segurança e Saúde no Trabalho em Estaleiros Temporários ou Móveis
- Decreto – Lei n° 316, de 19 de Setembro de 2007, Regulamento Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJGT)
- Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de Outubro de 2007, Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações

Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto de 2008, Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional

Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro de 2010, Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações

Lei n.º 3, 28 de Janeiro de 2014, Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho

Regulamento de PDMs

Aviso n.º 3139/2014, de 29 de Janeiro de 2014 que ratifica o Despacho n.º 92/92, de 14 de Agosto de 1992, Regulamento do Plano Diretor Municipal de Matosinhos

Resolução do Conselho de Ministros n.º 168/95 de 12 de Outubro de 1995, Regulamento do Plano Diretor Municipal de Valongo

Resolução do Conselho de Ministros n.º 48/95 de 2 de Fevereiro de 1995, Regulamento do Plano Diretor Municipal de Gondomar

Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/95, de 13 de Dezembro de 1995, alterada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 28/99, de 22 de Abril de 1999, Regulamento do Plano Diretor Municipal e Póvoa de Lanhoso

Aviso n.º 24235/2007 de 10 de Outubro de 2007, Regulamento do Plano Diretor Municipal de Arcos de Valdevez

Aviso n.º 11622/2012, de 27 de Julho de 2012, Regulamento do Plano Diretor Municipal de Lisboa

Aviso n.º 14332/2012 de 4 de Outubro de 2012, Regulamento do Plano Diretor Municipal do Porto

Aviso n.º 9751/2013, de 8 de Maio de 2013, Regulamento do Plano Diretor Municipal da Maia

Normas

NP EN 1997-1:2010, Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico

EN 1997-1:2004 + AC:2009, Eurocódigo 7 – Projecto Geotécnico

EN 1990, Bases para o Projecto de Estruturas

EN 1991, Eurocódigo 1 – Acções em Estruturas

EN 1999, Eurocódigo 9 – Projecto de Estruturas de Alumínio

ANEXOS

Conversa com Dr. Narciso Ferreira

No seguimento da análise efetuada aos PDM considerados procurou-se então a tentativa de conceptualizar e propor medidas de melhoria passíveis de desenvolver estes IGT no sentido da prevenção e minimização das consequências associadas aos fenómenos de movimentos de vertente.

Desta forma, esta procura acabou por levar ao Dr. Narciso Ferreira, colaborador do LNEG, entre outros fins. Tomado o conhecimento de que este tinha integrado numa equipa contratada por um dado município para fazer uma avaliação e mapeamento de zonas de perigo de movimentos de vertentes no seu território, foi marcada uma reunião com este, que funcionou como uma espécie de conversa informal, com o objetivo de compreender o trabalho executado, assim como as suas principais vantagens, desvantagens, dificuldades e objetivos.

Em seguida encontra-se assim um resumo do que foi falado.

O primeiro contato efetuado ao LNEG foi feito por meio do departamento da Proteção Civil do município em questão, durante um Inverno particularmente intenso, de pluviosidade elevada. Durante este período, registaram-se no território um conjunto avultado de movimentos de vertentes, desde deslizamentos rotacionais complexos a fluxos de detritos, quedas de blocos e fluxos de lamas, que resultaram em danos de habitações e infra-estruturas, desalojamentos, bloqueio de estradas e mesmo feridos e mortes em várias localidades da região. Foram também registados fenómenos destes causados por atividades antrópicas, nomeadamente movimentos de solo em zonas onde já tinham ocorrido deslizamentos previamente. Face a estas ocorrências, e tendo em conta fatores como as elevadas altitudes e topografia da zona, assim como o clima de pluviosidade intensa a que esta estava sujeita, o LNEG foi contratado em 2005 no sentido de produzir uma “carta de riscos” num período de 6 meses, que teria o objetivo de ser incluída no PDM do município, que se encontrava em revisão.

Foi desenvolvido então um protocolo de colaboração entre o LNEG e o Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Este traduziu-se numa equipa de 4 pessoas, duas do LNEG e duas de Geografia, que trabalharam conjuntamente com 2 funcionários da Câmara Municipal (um topógrafo local e uma estagiária) no sentido de prestar apoio. Foi também subcontratado um técnico específico para o tratamento digital e produção de alguma da cartografia feita.

Fundamentalmente, o trabalho desempenhado por esta equipa dividiu-se em fases. Uma primeira fase, desempenhada pelos membros do LNEG e o topógrafo da CM consistiu numa análise de campo das ocorrências passadas e estruturas geológicas que denunciassem este tipo de fenómenos. Para cada uma destas era feita uma caracterização geomorfológica, um registo fotográfico e de GPS, e a classificação e análise geológica das suas formações. Simultaneamente, o Departamento de Geografia, apoiado pelos membros da CM, executou um inventário das diversas ocorrências deste tipo de fenómenos no município, baseando-se em registos e jornais locais e identificando as suas localizações e a tipologia de movimento.

Posteriormente, foi produzido um modelo digital do terreno relativamente às suas fraturas, que permitiu analisar a sua urografia e identificar os principais alinhamentos existentes, que seriam zonas de frente sujeitas a falhas, e no geral, maiores alterações geológicas. Em seguida, foi produzida cartografia de declive, a qual se encontrava dividida em classes. Estas classes acabaram por ser a base para a cartografia final produzida, que consistiu num mapa de susceptibilidade a movimentos de vertentes com quatro classes diferentes. Este foi produzido através da correlação entre declive, geologia e o histórico de ocorrências de movimentos de vertente. Com a produção deste documento foram constatadas zonas ocupadas pela população

que se encontravam sujeitas a risco elevado, e ainda que algumas zonas planeadas para a construção de novas infraestruturas não eram adequadas. No entanto, a recomendação final foi a de analisar cada situação individualmente, já que a ocorrência de movimentos de vertente é um complexo sistema que exige uma atenção dedicada a uma série de fatores para além dos considerados neste trabalho, e que o processo do ordenamento do território muitas vezes é evolutivo e um pouco mais “reaccionário” do que seria desejável.

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi fundamentalmente “empírica” e criada para este efeito em particular, já que não existiam grandes antecedentes de trabalhos semelhantes.